

Барбара Оклі

Навчитися вчитися (частина 2)

**Зміст даного матеріалу захищений авторськими правами.
Будь-які дії, крім читання, щодо нього можуть бути
здійснені тільки за згодою правовласників**

10. РОЗВИТОК ПАМ'ЯТІ

Джошуа Фоер був геть звичайним хлопцем. Але цілком звичайні люди часом можуть робити щось незвичайне.

Закінчивши коледж, Фоер жив разом із батьками й намагався щось зробити, щоб стати журналістом. Він мав погану пам'ять: постійно забував такі важливі дати як день народження своєї дівчини, не міг пригадати, де залишив ключі від машини, забував їжу в мікрохвильовці. Ніяк не міг себе відучити від писання в текстах *its* замість *it's*.

Але Фоера захоплювало те, що в певних людях він помічав цілком протилежне. Ці люди, наприклад, могли лише за 30 секунд запам'ятати послідовність перетасованої колоди карт, або ж у разі потреби тримати в голові десятки телефонних номерів, імен, облич, подій чи дат. Достатньо було такій людині дати якийсь вірш — і за кілька хвилин вона могла переказати його напам'ять.

Фоера це дивувало. Він думав: напевно, мозок у цих майстрів запам'ятовування мусить бути якось особливо влаштований, саме тому їм вдається легко тримати в голові величезні обсяги інформації.

Але всі генії запам'ятовування, із якими Джошуа розмовляв, стверджували, що до систематичних тренувань мали цілком посередню пам'ять. Хоч би яким сумнівним це виглядало, але, за словами цих людей, саме давні техніки візуалізації допомогли їм навчитися так легко і швидко запам'ятовувати. «Це може кожен, — постійно чув від них Фоер, — *навіть ти*»¹⁵⁶.

Ці поради призвели до чи не найбільш неймовірного варіанта розвитку подій, який Фоер тільки міг собі уявити: він опинився у фіналі чемпіонату.

Ми, викладачі, у своєму пориві спонукати студентів формувати в пам'яті фрагменти інформації замість запам'ятовування неорганізованого набору фактів, часом можемо справляти враження, що запам'ятовування взагалі не важливе («Навіщо мені

запам'ятовувати формулу, якщо її можна підглянути в підручнику?»).

Та все ж запам'ятовування головних фактів потрібне, адже саме ці дані слугують основою утворення фрагментів пам'яті! Під час творення фрагментів потрібно подумки жонглювати відкладеними в пам'яті фактами, перебирати їх.

Форрест Ньюман, викладач астрономії й фізики, Коледж Сакраменто

ПАМ'ЯТАЄТЕ, ДЕ СТОІТЬ ВАШ СТИЛ? ВАША НАДЗВИЧАЙНА ЗОРОВА ТА ПРОСТОРОВА ПАМ'ЯТЬ

Може, вас це здивує, але ми всі маємо *дуже ефективну* зорову та просторову пам'ять. Застосовуючи техніки, що ґрунтуються на цих системах, ви записуєте інформацію в мозку не просто за допомогою повторення. Замість цього ви використовуєте жартівливі асоціації, креативні підходи, які допомагають бачити, чути або відчувати те, що ви намагаєтеся запам'ятати. До того ж ці техніки вивільняють вашу оперативну пам'ять.

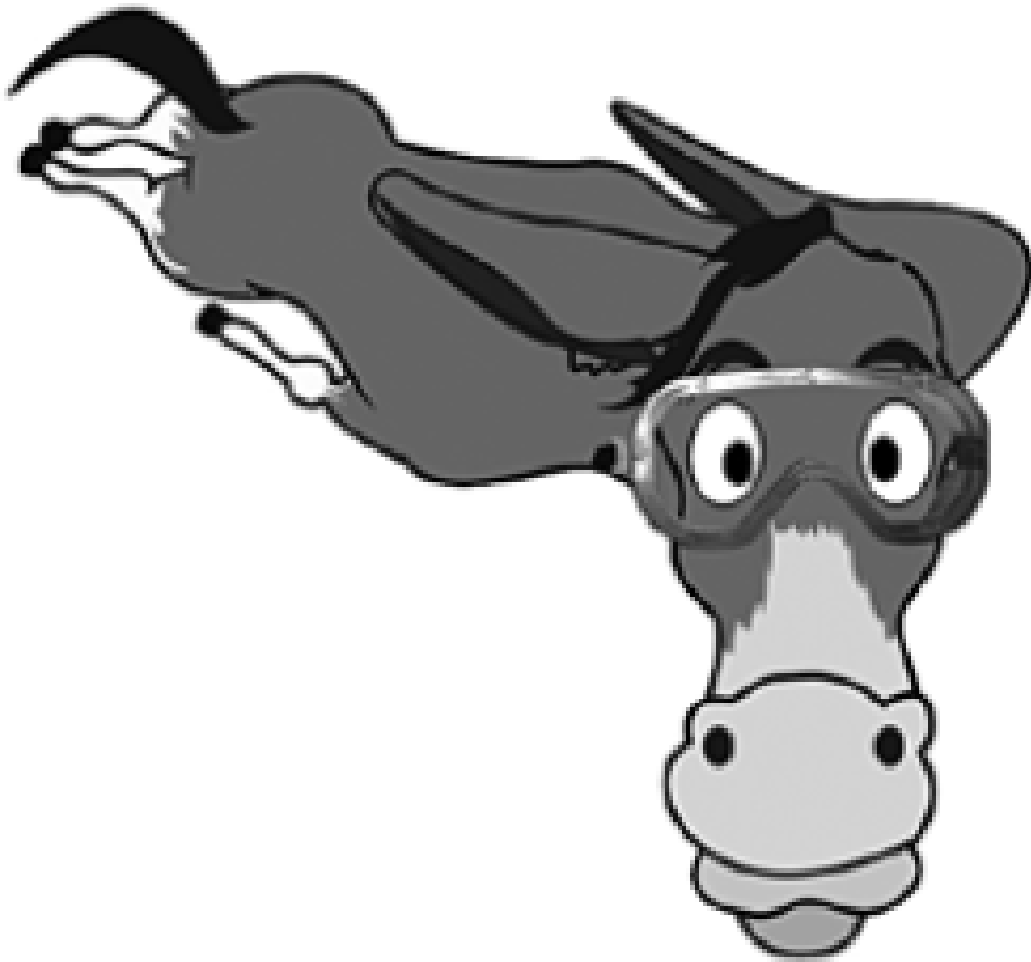
Групуючи інформацію в, можливо, трохи дивацький, але логічно відтворювальний спосіб, ви розширюєте можливості своєї довготермінової пам'яті. Усе це також допомагає зняти стрес на екзамені.

Що я маю на увазі під хорошою зоровою та просторовою пам'яттю? Якщо вас попросять пройтися будинком, у якому ніколи раніше не були, ви невдовзі матимете уявлення про загальний вигляд і розташування меблів, планування кімнат, кольорову гаму, різні засоби в шафі у ванній кімнаті (ого!). Протягом кількох хвилин ваш мозок збере й зафіксує тисячі нових елементів інформації. Навіть кількома тижнями пізніше у вашій пам'яті залишиться значно більше, ніж якби витратили стільки ж часу на розглядання білої стіни. Ваш мозок улаштований так, щоб збирати та зберігати таку загальну інформацію про місце.

Давні й сучасні майстри запам'ятовування використовували прийоми, **побудовані на цих природних можливостях зорової та просторової пам'яті**. Нашим предкам не доводилося запам'ятовувати багато чисел чи імен. Але їм *потрібно* було добре пам'ятати, як повернутися додому після триденного полювання на оленів або де

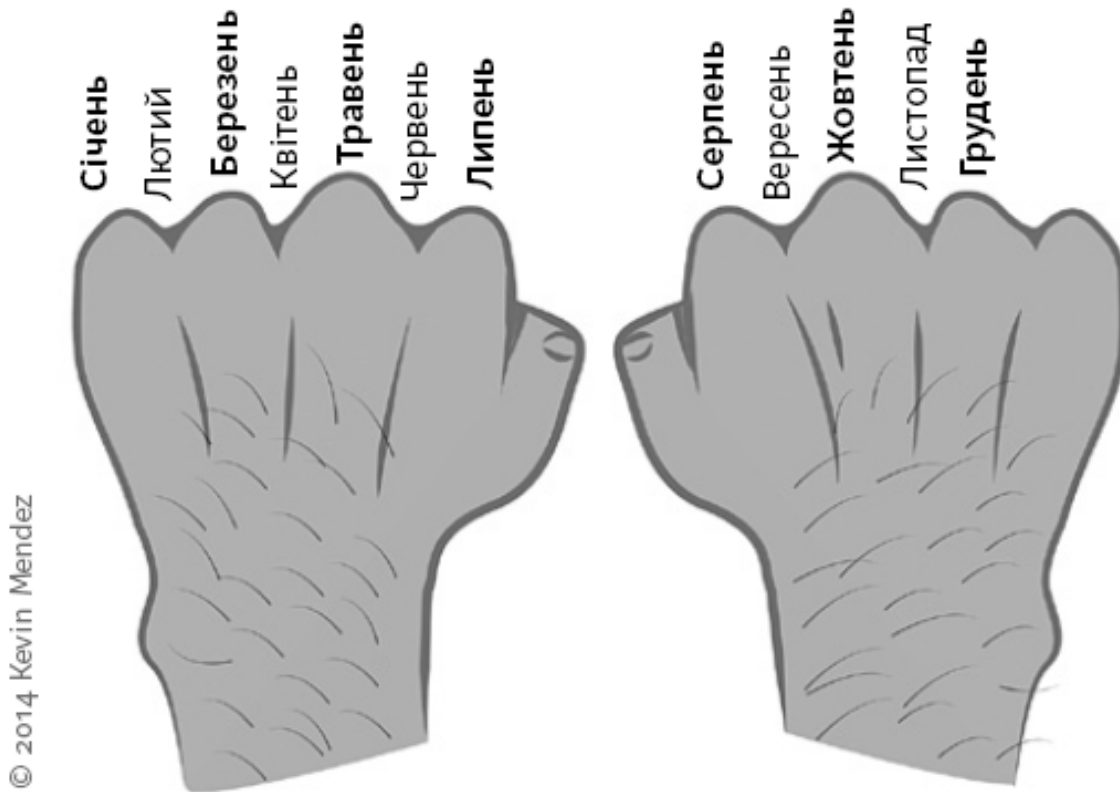
саме ростуть ягоди на схилах. Ці потреби дали розвиток пріоритетним здібностям пам'яті на зразок «що де розміщується і як що виглядає».

СИЛА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ



© 2014 Kevin Mendez

Щоб почати експерименти із зоровою пам'яттю, спробуйте вигадати *максимально* асоціативний візуальний образ, що зображає один із ключових елементів того, що ви хочете запам'ятати¹⁵⁷. Наприклад, ось малюнок, який допоможе запам'ятати другий закон Ньютона: $f = ma$ (сила, яка діє на тіло, дорівнює добутку маси тіла на прискорення; для відкриття цього закону людству знадобилося багато тисячоліть). Літери *f i t* у формулі можна запам'ятати як *flying mule* (політ мула), а літера *a* — ну то вже дофантазуйте самі.



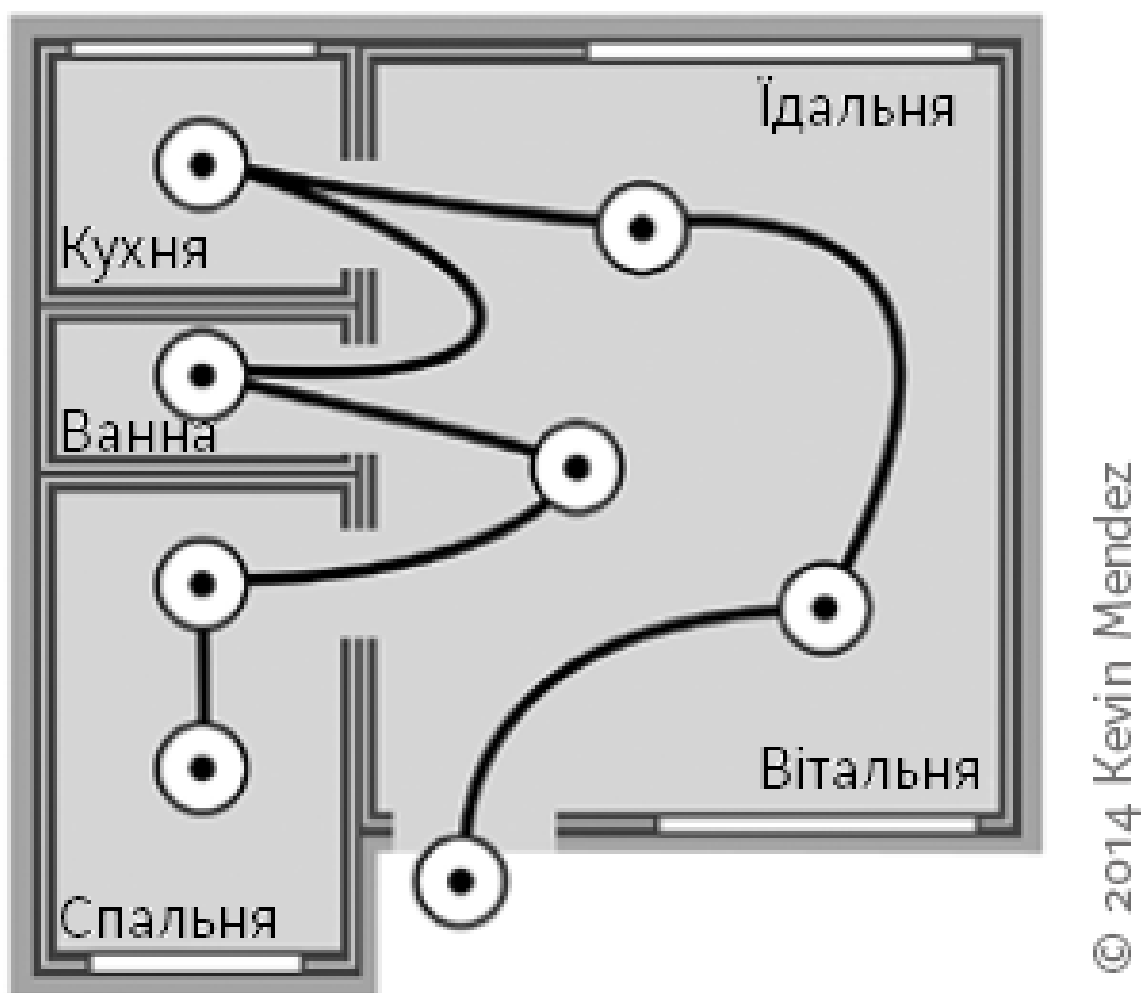
Креативний спосіб запам'ятовування: місяці, які «припадають» на кісточки пальців рук, мають 31 день. Один студент математичного аналізу зауважив: «Тішуся, що я ніколи не забуду, які місяці мають 31 день, завдяки цьому простому прийомові. Десять секунд у мене зайняло вивчення того, що я не хотів вивчити 20 років, бо просто думав, що запам'ятовувати ці місяці надто нудно».

Однією із причин, чому образи такі важливі для пам'яті, є те, що вони безпосередньо пов'язані із зорово-просторовими центрами нашого мозку¹⁵⁸. Образ допомагає зафіксувати, здавалося б, щось хаотичне й важке для запам'ятовування, входячи у відповідні ділянки мозку з ефективною зоровою пам'яттю.

Що більше нейронних зв'язків вам вдасться вибудувати із залученням різних органів чуттів, то легше потім буде видобути цю інформацію з пам'яті. Можна не тільки *бачити* мула, а й *відчувати* запах мула, *відчувати шкірою вітер*, як його відчуває мул. Можна навіть *почути свист вітру*. Що смішніші й асоціативніші образи ви вигадаете, то краще.

ТЕХНІКА «ПАЛАЦ ПАМ'ЯТІ»

Ця техніка передбачає відтворення в пам'яті знайомого місця — наприклад плану вашого будинку — і використання його як своєрідного віртуального блокнота для фіксування інформації, яку ви хочете запам'ятати. Потрібно тільки уявити місце, яке ви знаєте, — дім, дорогу до школи, улюблений ресторан. І раптом — мов на помах руки — це місце стає вашим «палацом пам'яті», який використовуватиметься як віртуальний блокнот.



Пройдіться своїм «палацом пам'яті» й залиште там асоціативні образи. Це непоганий спосіб запам'ятовувати переліки на зразок п'яти етапів розвитку сюжету або семи кроків наукового методу.

Ця техніка ефективна для запам'ятовування елементів, асоціативно не пов'язаних між собою, — наприклад, переліку продуктів (молоко, яйця, масло). Застосовуючи прийом, ви можете уявити величезну

пляшку молока просто у входних дверях вашого будинку, розкидані по дивану шматки хліба, розбите яйце, яке стікає з краю столика. Інакше кажучи, ви уявляєте, як ходите по знайомому приміщенню й бачите там приголомшливі образи з речами, які хочете запам'ятати.

Скажімо, ви намагаєтеся вивчити мінералогічну шкалу твердості від 1 до 10 (тальк — 1, гіпс — 2, кальцит — 3, флюорит — 4, апатит — 5, польовий шпат — 6, кварц — 7, топаз — 8, корунд — 9, алмаз — 10). Можете вигадати собі мнемонічний вислів: «Терористичні Групи Карають Французьких Алігаторів за Перетин Кордону в Тісних Картонних Автобусах». Такий вислів, можливо, усе ще важко запам'ятати. Але буде простіше, якщо ви додасте «палац пам'яті». Перед входними дверима уявляємо собі терористичну групу, заходимо всередину й бачимо алігатора з французьким прапором... і все пригадуємо. Той самий підхід можна використовувати у вивченні фінансів, економіки, хімії й інших дисциплін.

Перший раз ви робитимете це повільно. Вигадування великої асоціативної картини вимагає часу. Але що більше цей спосіб практикувати, то швидше виходитиме. Одне з досліджень показало, що з використанням техніки «Палац пам'яті» людина може запам'ятати понад 95 % переліку із 40–50 позицій після однієї чи двох уявних прогулянок, коли ці елементи «розташували» на території університету¹⁵⁹. Якщо тренувати мозок у такий спосіб, запам'ятовування може перетворитися в дуже творчу роботу, яка вибудовує нейронні структури навіть для подальшого *збільшення креативності*. Хіба не чудово? (Щоправда, може бути один негативний нюанс: оскільки цей метод втручається у вашу зорово-просторову систему, небажано застосовувати його під час інших видів просторової діяльності — наприклад, коли ви за кермом¹⁶⁰. Адже відволікатися на дорозі небезпечно).

ВАША СПРОБА!

Використовуйте «палац пам'яті»

Викладачка біології Трейсі Магранн застосовує техніку «Палац пам'яті» для вивчення п'яти шарів епідермісу.

«Епідерміс має п'ять шарів. Знизу вгору: stratum basale, stratum spinosum, stratum granulosum, stratum lucidum і stratum corneum.

Щоб запам'ятати, який із них найглибший, уявіть підвал вашого будинку, тобто його "базу". Це *stratum basale*. Щоб пройти від найглибшого шару (підвалу) до найвищого (дах), підіймайтеся сходами з підвалу... але будьте обережні! Не зачепіть спинку стільця (*stratum spinosum*). Далі ви заходите до кухні, де хтось розсипав по підлозі гранульований цукор (*stratum granulosum*). Потім ви підіймаєтеся сходами й зупиняєтеся, щоб нанести на шкіру сонцезахисний лосьйон. *Stratum lucidum* схожий на шар лосьйону, бо захищає нас від ультрафіолетового випромінювання, але він є тільки на долонях і підшвах, тому уявний лосьйон ви наносите саме туди. Тепер ви можете піднятися на дах і насолоджуватися там смачним попкорном (*stratum corneum*)».

А ви маєте якісь ідеї щодо застосування «палацу пам'яті» під час навчання?

Пісні, які допомагають закріплювати думки в пам'яті, пов'язані з технікою «Палац пам'яті», тому що залучають здебільшого праву півкулю мозку. Існують мотиви, які полегшують запам'ятовування формули коренів квадратного рівняння, формул об'єму різних геометричних фігур та багатьох інших. Можете пошукати такі пісеньки в інтернеті або придумати власні. Багато дитячих пісенок додатково використовують рухи, які допомагають запам'ятати слова. Якщо використовувати стрибки чи розгойдування, які мають певне значення, утворюватиметься більше нейронних зв'язків для утримання певних елементів у пам'яті.

Схожі техніки можуть бути корисними для багатьох різних ситуацій (не тільки для запам'ятовування формул, концепцій чи списків покупок). Навіть промови та презентації — такі зазвичай нелегкі події в стилі «зроби або помри» — готуватимуться значно швидше, коли ви усвідомите, що асоціативні образи допомагають утримати в пам'яті найважливіше, про що ви хочете сказати. Усе, що потрібно, — це прив'язати основні ідеї вашої промови до асоціативних образів. Подивіться майстерну промову Джошуа Фоера на конференції TED про застосування «палацу пам'яті» для запам'ятовування промов¹⁶¹. Якщо хочете побачити зразки використання цього методу для запам'ятовування формул, на сторінці [SkillsToolbox.com](https://www.skillstoolbox.com) можна знайти

перелік асоціативних образів до математичних символів (наприклад, знак ділення «/» — це дитяча гірка)¹⁶².

Засоби полегшення запам'ятовування — асоціативні образи, пісеньки чи уявні «палади» — корисні саме тому, що допомагають нам зосередитися тоді, коли мозок уже готовий відволіктися на щось інше. Вони нагадують нам, що для запам'ятовування важливу роль відіграє *значення*, навіть якщо воно подається в дивакуватій формі. Словом, техніки запам'ятовування допомагають нам зробити вивчений матеріал змістовним, легким для запам'ятовування й цікавим.

Пісеньки для «мозкової гімнастики»

У десятому класі на уроках хімії ми вивчали число Авоґадро — $6,02214 \times 10^{23}$, але ніхто з нас не міг його запам'ятати. Один мій друг склав про нього пісеньку, запозичивши мотив із реклами пластівців Golden Graham (який, як виявилось, був узятий зі значно давнішої пісні). Тепер, через тридцять років, я все ще пам'ятаю число Авоґадро завдяки цій пісеньці.

Малколм Вайтгауз, старшокурсник, комп'ютерна техніка

Поради Трейсі

Під час навчання корисно періодично вставати й ходити туди-сюди. Важливо також вчасно перекусити, адже для розумової діяльності мозок потребує багато енергії. Під час навчання варто використовувати різні зони мозку. Завдяки зоровій корі ми пам'ятаємо, що бачимо, відповідні ділянки відповідають за слухову й дотикову пам'ять, а моторна ділянка — за запам'ятовування предметів, які ми підіймаємо й переміщуємо. Що більшу кількість різних ділянок мозку ми використовуємо під час навчання, то міцніші структури будуємо, а стійкі нейронні структури не так швидко забуваються, навіть у стресовій ситуації (на екзамені). Приклад з анатомії: студенти беруть до рук анатомічні моделі, заплющують очі, намагаються руками кожну деталь й озвучують назви окремих елементів. Наразі оминаємо органи чуттів, відповідальні за смак і запах: треба ж десь зупинитися!

Трейсі Маґранн, викладачка біології, Коледж Седдлбек

Підсумовуємо прочитане

- Техніка «Палац пам'яті» — уявне розміщення асоціативних образів у відомому вам місці — допомагає скористатися багатьма можливостями нашої зорової пам'яті.
- Якщо навчитися використовувати пам'ять у більш організований, але креативний спосіб, можна покращити вміння зосереджуватися й навчитися вибудовувати навіть доволі нестандартні й трохи дивакуваті логічні зв'язки за умови, що вони допомагають краще запам'ятовувати.
- Якщо ви справді *розумієте* матеріал, можете засвоїти його ще ґрунтовніше. Крім того, ви поповните й поглибите свою мисленнєву «бібліотеку», потрібну для опанування матеріалу.

Робимо паузу та пригадуємо

Закрийте книжку й відведіть від неї погляд. Які були основні ідеї цього розділу? Завтра вранці, підіймаючись з ліжка й виконуючи щоденні ранкові процедури, спробуйте відновити в пам'яті ці найголовніші думки.

Закріплюємо знання

1. Опишіть який-небудь асоціативний образ, який ви могли б використати для запам'ятовування важливої формули.
2. Складіть перелік із чотирьох чи більше головних думок якоїсь з останніх лекцій. Опишіть, як ви закодували б ці думки в асоціативні образи і як розташували б їх у своєму «палаці пам'яті». (Якщо розповідатимете це вчителю, можливо, доведеться трохи підредагувати асоціативні образи. Як колись сказала одна дотепна акторка: «Мені все одно, чим вони займаються. Головне, щоб не робили це на вулиці й не лякали коней».)
3. Поясніть принципи техніки «Палац пам'яті» так, щоб це могла зрозуміти ваша бабуся.

ШЕРИЛ СОРБІ, викладачка ОПТИЧНО-ГРАФІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ: «ПРОСТОРОВІ НАВИЧКИ — СПРАВА ПРАКТИКИ»



© Brockit, Inc., supplied courtesy Sheryl Sorby

Шерил Сорбі — інженерка з багатьма нагородами, її дослідницькі зацікавлення охоплюють комп'ютерну тривимірну графіку для візуалізації комплексної поведінки. Ось її історія¹⁶³.

«Багато людей помилково вважає, що просторова уява є сталою характеристикою — або вона є, або її нема. Хочу цілком свідомо заявити, що це неправда. Я є живим доказом того, що просторової уяви можна навчитися. Я ледве не відмовилася від обраної професії інженера через брак просторової уяви, але все ж працювала над цими вміннями, розвинула їх та успішно завершила навчання. Маючи такий досвід, я присвятила свою кар'єру тому, щоб допомогти в цьому іншим студентам. Майже всі студенти, із якими я працювала, зуміли завдяки навчанню покращити свої просторові навички.

Людський розум проявляється в багатьох формах: від словесності й музики аж до математики й далеко за її межі. Однією з важливих його форм є просторове мислення. Люди з високорозвиненим просторовим мисленням спроможні уявляти, як певний об'єкт виглядатиме з різних ракурсів або ж коли його повернути чи розрізати навпіл. У певних випадках просторова уява може проявлятися у вмінні прокласти шлях від одного місця до іншого, якщо у вас є тільки карта.

Здатність мислити просторовими категоріями — дуже важливий складник успіху в таких галузях, як-от інженерія, архітектура, комп'ютерна техніка й багато інших. Подумайте, наприклад, про роботу авіадиспетчерів, які мають уявляти траєкторії кількох літаків у заданий момент часу й подбати про те, щоб вони ніколи не перетнулися. Згадайте про автомеханіків, які мусять правильно змонтувати частини двигуна. Останні дослідження пов'язують просторове мислення з креативністю й інноваціями. Інакше кажучи, що кращу ви маєте просторову уяву, то креативнішою й інноваційнішою людиною ви є!

Як ми з'ясували, причиною слабкої просторової уяви деяких студентів є те, що в дитинстві в них було замало можливостей розвивати ці навички. Діти, які проводять багато часу за розбиранням і складанням чогось, як правило, мають чудову

просторову уяву. Так само діти, які займалися певними видами спорту. Подумайте, наприклад, про баскетбол. Гравець має уявляти траєкторію польоту м'яча до кошика з будь-якого місця поля. Але навіть для тих, хто не виробив просторових навичок у дитинстві, ще не все втрачено. Просторове мислення можна випрацювати й у дорослому віці — потрібні лише праця й терпіння. Що можна зробити? Спробуйте намалювати максимально точні ескізи якогось предмета, потім зобразіть його ще раз, змінивши перспективу. Грайте у тривимірні комп'ютерні ігри. Складайте тривимірні пазли (можна почати зі звичайних двовимірних). Відкладіть GPS-навігатор і спробуйте орієнтуватися за допомогою карти. Головне — не здавайтеся, продовжуйте тренуватися!»

156 Елеанор Магуайр і колеги (2003) проводили дослідження з людьми, відзначеними за феноменальну пам'ять на заходах на зразок Чемпіонату світу із запам'ятовування. «Застосування нейрофізіологічних методів, а також структурного і функціонального сканування мозку показало, що в основі феноменальної пам'яті не лежать видатні інтелектуальні здібності або структурні відмінності мозку. Було встановлено, що відповідні особи використовували радше стратегії, побудовані на просторовому мисленні, активуючи такі зони мозку як гіпокамп, що є ключовими для пам'яті взагалі й просторової зокрема». Тоні Б'юзен багато зробив для популяризації методик запам'ятовування. У його книжці «Користуйтеся своєю бездоганною пам'яттю» (Use Your Perfect Memory, Buzan, 1991) подано докладнішу інформацію про деякі популярні техніки.

157 Елеанор Магуайр і колеги (2003) зазначають, що техніки запам'ятовування часто сприймаються як надто складні в користуванні, проте деякі — наприклад, «Палац пам'яті» — справді можуть у природний і ефективний спосіб допомогти нам запам'ятати важливу інформацію.

158 Cai et al. 2013; Foer 2011. Дослідження Деніс Кай і співавторів показують, що спеціалізація однієї півкулі мозку (часто лівої) на мові пов'язана зі схожою спеціалізацією іншої півкулі на зорово-просторовій діяльності. Тобто виглядає на те, що спеціалізація однієї півкулі на певній функції спричиняє спеціалізацію другої півкулі на іншій функції.

159 Ross and Lawrence 1968.

160 Baddeley et al. 2009, p. 363–365.

161 ted.com/talks/joshua_foer_feats_of_memory_anyone_can_do.html.

162 skillstoolbox.com/career-and-education-skills/learning-skills/memory-skills/mnemonics/applications-of-mnemonic-systems/how-to-memorize-formulas/.

163 Про важливість просторової уяви див. у Kell et al. 2013.

11. ЩЕ ТРОХИ ПРО ПАМ'ЯТЬ

ВИКОРИСТОВУЄМО ЯСКРАВІ ВІЗУАЛЬНІ МЕТАФОРИ Й АНАЛОГІЇ

Найкращий спосіб не тільки запам'ятовувати, а й *розуміти* певні явища з математики чи природничих наук — це **вигадувати до них якомога яскравіші метафори й аналогії**¹⁶⁴. Метафора — один зі способів показати схожість чогось одного на інше. У пам'яті студентів на довгі десятиліття можуть закарбуватися прості пояснення одного вчителя географії, що форма Сирії на карті нагадує миску із зерном, а форма Йорданії — спортивне взуття Nike Air Jordan (а ще згадайте традиційну метафору із «чобітком» Італії. — *Прим. ред.*).

Щоб зрозуміти явище електричного струму, можна уявляти його як воду. Тоді електричну напругу можна буде розуміти як «тиск». Напруга дає можливість перекачувати електричний струм туди, де нам хочеться, так само як механічний насос за допомогою тиску перекачує справжню воду. Переходячи на вищий рівень розуміння електрики (або якої завгодно іншої теми чи дисципліни), ви можете переглядати ваші метафори, або ж цілком їх відкидати і створювати влучніші.

Якщо ви намагаєтеся зрозуміти поняття границі функції в математичному аналізі, можете уявляти бігуна, що наближається до фінішної лінії. Що ближче він до фінішу, то повільніше рухається. Камера сповільненої зйомки показує нам, як бігун ніколи не досягає фінішної лінії, так само як математична функція не досягає границі. Між іншим, невелика книжка Сильвануса Томпсона «*Математичний аналіз у простих словах*» (*Calculus Made Easy*) допомогла багатьом поколінням студентів опанувати цей предмет. Інколи підручники так зосереджуються на деталях, що читач втрачає дуже важливе відчуття загальної картини. Схожі невеликі книжки сприяють загальному розумінню, тому що просто подають найважливіше.

Часто для пояснення різних явищ корисно вигадувати образи із собою самим. Уявіть себе електроном у теплих капцях, який ховається

у шматку міді, або ж уявно прошмигніть на місце змінної x в алгебраїчному рівнянні, відчуйте, як це — виглядати з кролячої нірки (тільки не дайте їй вибухнути від необачного ділення на нуль).

Місячне сяйво та студентські сни

Я завжди вчуся перед сном. Як правило, засвоєний матеріал мені потім сниться. Ці «студентські сни» часто доволі дивні, але корисні. Наприклад, коли я відвідував курс із дослідження операцій, мені снилося, що літаю туди-сюди між вузлами, фізично виконуючи алгоритм найкоротшого шляху. Інколи кажуть, що в мене не всі вдома, але мені це подобається. Виходить, що я не мушу так багато займатися, як інші. Мені здається, що в цих снах моя підсвідомість опрацьовує матеріал за допомогою метафор.

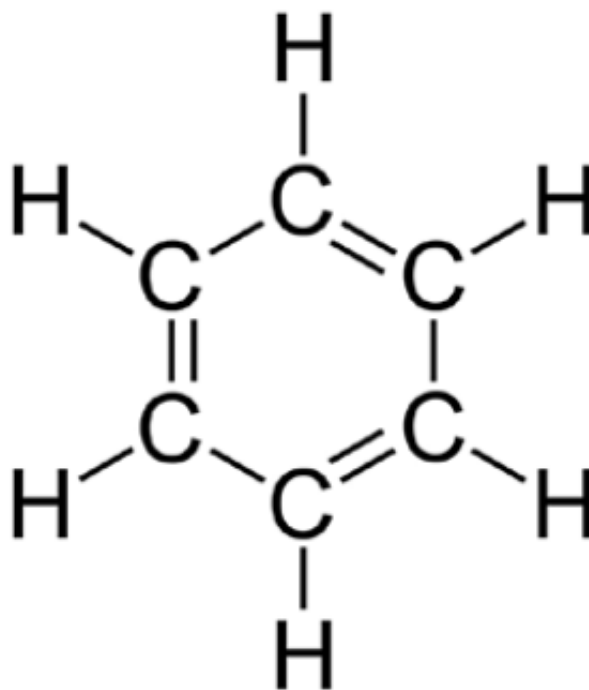
Ентоні Шіуто, старшокурсник, інженерія промислових систем

У хімії можна порівняти катіон із котом, який повзає й тому «повзитивний», а негативний аніон — із плаксивою дівчинкою Анею.

Метафори ніколи не є досконалими. Але загалом можна сказати, що *всі* наукові моделі — це лише метафори, які в певний момент можуть не витримати критики¹⁶⁵. Однак очевидно те, що метафори (і моделі!) є життєво важливими в розумінні основної думки, яка стоїть за математичними чи природничими концепціями та процесами. Цікаво також, що метафори й аналогії допомагають витягнути людину зі стану, викликаного *ефектом установки*, тобто зациклення на хибному баченні суті завдання. Наприклад, проста історія про війська, що атакують фортецю з різних боків одночасно, може наштовхнути студентів на думку, скільки променів низької інтенсивності можна ефективно використати для знищення ракової пухлини¹⁶⁶.

Метафори допомагають закріплювати думки у свідомості, тому що зв'язуються з нейронними структурами, які вже існували там раніше. Вони діють за принципом копіювального паперу, тобто несуть загальний сенс того, про що мова. Якщо в певний момент ви не можете думати метафорами, просто візьміть у руки олівець і покладіть перед собою аркуш паперу. Неважливо, будуть це слова чи малюнки — ви здивуєтеся, що може видати ваша фантазія лише за декілька хвилин байдикування.

МЕТАФОРИ Й ВІЗУАЛІЗАЦІЯ У ПРИРОДНИЧИХ НАУКАХ



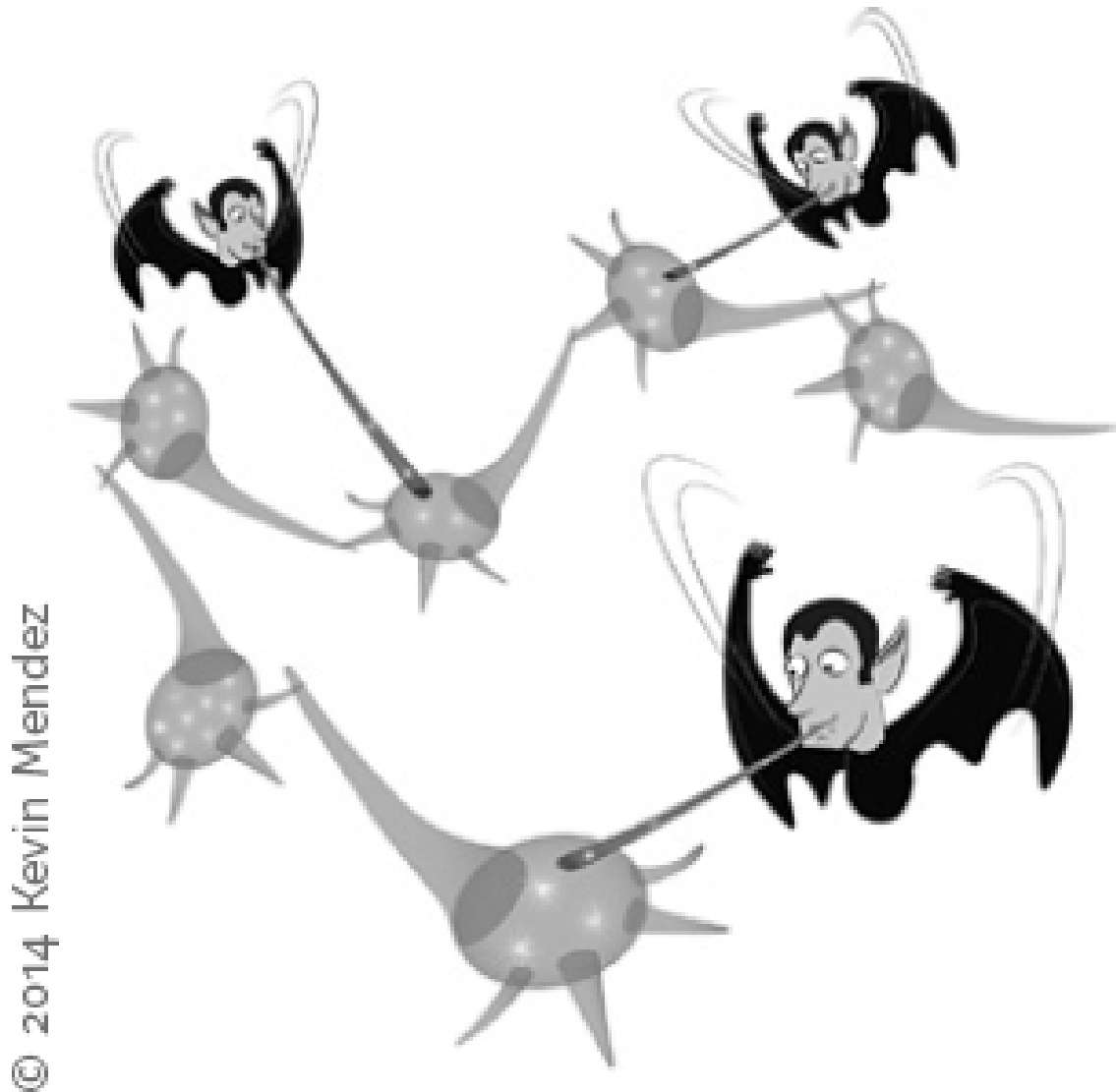
en.wikipedia.org/wiki/File: Benzene-2D-full.svg

Метафори й візуалізація — здатність бачити щось своїм «внутрішнім оком» — дуже допомогли розвитку науки й техніки¹⁶⁷. Наприклад, у XIX столітті, коли хіміки почали уявляти й візуалізовувати мініатюрний світ молекул, відбувся швидкий прогрес у науці. Тут наведена чудова ілюстрація з мавпочками, надрукована в пародійному номері німецького журналу 1886 року, яка зображає бензолове кільце¹⁶⁸. Зверніть увагу на одинарні зв'язки за допомогою лап мавпочок і подвійні зв'язки, «створені» лапами та хвостами.

ЯК «РОЗТЯГНУТЕ ПОВТОРЕННЯ» ДОПОМАГАЄ РОЗСТАВЛЯТИ ДУМКИ ПО ПОЛИЧКАХ

Фокусування уваги заповнює чимось нашу оперативну пам'ять. Щоб це «щось» з оперативної пам'яті перенеслося в довготермінову, потрібні дві умови: думка має **легко запам'ятовуватися**, а ще її потрібно **повторювати**. Інакше природні метаболічні процеси, ніби маленькі вампіри, присмокчуться та знищать слабкі, щойно сформовані структури. Це вампіричне висмоктування слабких

структур загалом є корисним явищем. Більшість із того, що відбувається навколо нас, за своєю суттю тривіальне: якби ми це все запам'ятовували, то врешті-решт потонули б у своїй переповненій непотрібними спогадами пам'яті.



Якщо ви не повторюватимете те, що хочете запам'ятати, «метаболичні вампіри» можуть висмокати створені нейронні структури, перш ніж вони встигнуть визріти та зміцніти.

Повторення дуже важливе: навіть якщо ви запам'ятали щось, повторення допоможе по-справжньому закарбувати це. Але скільки ж разів потрібно пригадувати? Якою має бути тривалість пауз між повтореннями?¹⁶⁹ Як зробити цей процес ефективнішим?

Багато світла на це пролили дані досліджень. Візьмімо практичний приклад. Скажімо, ви хочете запам'ятати суть поняття *густини*, яка позначається смішним символом ρ («ро») і вимірюється в кілограмах на метр кубічний.

Як можна зручно й ефективно закарбувати цю інформацію в пам'яті? (Ви вже знаєте, що закладання в довготермінову пам'ять невеликих фрагментів інформації, як цей із густиною, допоможе поступово вибудувати в голові концепцію ширшого розуміння теми).

Можна взяти картку й написати з одного боку символ ρ , а із другого — коротку інформацію про густину. **Записування допомагає глибше закарбувати в пам'яті (тобто перетворити в нейронні структури) те, що ми намагаємося вивчити.** Пишучи слова «кілограм на метр кубічний», ви можете уявляти туманний кілограм (відчуйте цю масу!), що міститься у великій кубічній коробці зі стороною один метр. Щоб більше матеріалу вам вдасться перетворити в асоціативні образи, то простіше буде його потім пригадувати. Можна промовити якесь слово та його значення вголос, щоб утворити слухові зачіпки до матеріалу.

Ще подивіться на той бік картки, де написана літера ρ , і спробуйте пригадати те, що зафіксовано на протилежному боці. Якщо не можете — переверніть картку, перечитайте та пригадайте написане. Якщо зможете пригадати — відкладіть картку.

Після цього спробуйте підготувати ще одну картку та з її допомогою протестуйте себе. Зробивши кілька карток, перегляньте їх і перевірте, чи пам'ятаєте їхній зміст. (Так ви чергуєте різні завдання). Не дивуйтеся, якщо доведеться трохи напружитися. Після засвоєння інформації з карток відкладайте їх убік. Трохи зачекайте й витягніть їх ще раз перед сном. Пам'ятайте, що під час сну ваш мозок повторює вивчене й опрацьовує розв'язання.

Коротко переказуйте протягом кількох днів той матеріал, який хочете запам'ятати: може, кілька хвилин щоранку або щовечора. Часом змінюйте порядок карток. Поступово збільшуйте перерви між повтореннями, якщо ваш матеріал поволі засвоюється. Довші перерви в міру опанування матеріалу теж допомагають закріплювати його в пам'яті¹⁷⁰. (Хороші системи запам'ятовування на основі карток — як-от Anki — побудовані на алгоритмах повторення з різною періодичністю, від днів до місяців).

Цікаво, що один із найефективніших способів запам'ятовувати імена людей — це періодичне пригадування імен після знайомства зі збільшенням часових інтервалів між пригадуваннями¹⁷¹. Матеріал, який ви не повторюєте, значно швидше розмивається й забувається. Ваші метаболічні вампіри висмоктують логічні зв'язки між елементами. Саме тому **варто бути обережним у рішеннях пропустити певний матеріал під час підготовки до іспиту. Пам'ять на те, що не поновлювалося за допомогою повторення, може ослабнути**¹⁷².

ІНТЕРВАЛЬНЕ ПОВТОРЕННЯ КОРИСНЕ ЯК ДЛЯ СТУДЕНТІВ, ТАК І ДЛЯ ВИКЛАДАЧІВ!

Я рекомендую студентам застосовувати «розтягнуте повторення» протягом днів і тижнів не тільки для моїх аналітичних курсів, а й для вивчення історії інженерії. Коли запам'ятовуєте складні імена й поняття, найкраще практикувати їх протягом кількох днів. Саме так я роблю під час підготовки — голосно повторюю певні слова протягом кількох днів, щоб в аудиторії вимовляти їх справді легко й невимушено.

Фабіан Гадіпріоно Тан, викладач технології будівництва, Університет Огайо

ВАША СПРОБА!

Метафори допомагають навчатися

Подумайте про якусь тему, яку зараз досліджуєте. Чи пригадуєте ви який-небудь процес чи поняття із зовсім іншої сфери, які нагадували б ті, що вивчаєте? Пошукайте порівняння й метафори, які пасували б. (Бонус отримає той, чиї метафори матимуть трохи дурощів).

УТВОРЮЙТЕ АСОЦІАТИВНІ ГРУПИ

Ще один спосіб полегшити запам'ятовування — утворювати асоціативні спрощені комбінації. Скажімо, ви хочете запам'ятати чотири рослини, що відлякують вампірів: часник, троянда, глід і гірчиця. Перші літери назв рослин — ЧТГГ. Можете запам'ятати який-небудь ключ, наприклад, «ЧорТ на ГолоГрамi». У разі потреби достатньо тільки витягнути ключ із закутків пам'яті, здмухнути з нього пил — і ви все пригадаєте.

Запам'ятовувати числа значно легше, якщо асоціювати їх із важливими подіями. Наприклад, 1965 може бути роком народження когось з ваших родичів. Можна також асоціювати числа з якимись відомими вам системами вимірів. Наприклад, 11 секунд — це хороший результат для бігу на 100 метрів. А 75 можна пов'язати з кількістю петель, які треба набрати на спицях для в'язання вашої улюбленої лижної шапочки. Я, приміром, люблю асоціювати числа з відчуттями, якою я була або буду в певному віці. Число 18 для мене дуже просте: саме в цьому віці я пішла в дорослий світ. А в 104 я буду старою та щасливою супербабцею!

У багатьох дисциплінах існують **асоціативні фрази**, які допомагають студентам запам'ятовувати матеріал, — перші літери кожного слова фрази є першими буквами слів того переліку, який потрібно запам'ятати. «Класичний» приклад — речення для запам'ятовування кольорів веселки. Приміром: «**Ч**арівниця **о**сінь **ж**ар-птаху **з**акликає **б**абин сад **ф**арбувати» або «**Ч**епурний **п**узатий **ж**ук **з**'їв **б**арвистий **с**віжий **ф**рукт». (Цей і наступні приклади адаптовано для українського читача. — *Прим. ред.*)

До тих, хто плутається з назвами планет Сонячної системи, на допомогу приходять Василько і Юрко: «**М**аленький **В**асилько **з** маленьким **Ю**рком сховищем **у**двох **н**ишпорили».

Багато улюблених мнемонічних фраз мають філологи. «**Д**е **т**и **з**'їси **ц**і **л**ини?» — це нагадування, що після приголосних *д, т, з, с, ц, л, н* можна писати м'який знак. Щоб запам'ятати правило «дев'ятки» — після приголосних *д, т, з, с, ц, ч, ш, ж, р* пишемо голосну *и* — використовують питання «**Д**е **т**и **з**'їси **ц**ю **ч**ашу **ж**иру?». Фраза «**М**и **в**инили **р**ій» допомагає не забути сонорні звуки. Утримувати в пам'яті приголосні, після яких використовується апостроф, допоможе «**м**ав**п**а **Б**у**ф**». Щоб запам'ятати приголосні, перед якими префікс *з-* перетворюється на *с-*, використовують словосполучення «**к**а**ф**е «**П**тах»». А яскравий образ гедзя в джазі — «**Б**уде **г**оже **г**едзю в джазі» — допоможе не забути дзвінкі приголосні.

Іноколи такі фрази бувають дуже ефективними. Якщо вам потрібно запам'ятати щось, чим багато людей користується, — пошукайте в інтернеті, чи не вигадав хтось вдалої асоціативної фрази. Або ж спробуйте вигадати власну.

НЕ ПЛУТАЙТЕ АСОЦІАТИВНІ ФРАЗИ ЗІ СПРАВЖНІМ ЗНАННЯМ

У хімії є фраза *skit ti vicer man feconi kuzin*, яка має схожий до репу ритм. Ці слова допомагають запам'ятати перший ряд перехідних металів у періодичній системі хімічних елементів — Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn. Для решти перехідних металів теж існують свої прийоми. Наприклад, студенти запам'ятовують, що в одній вертикальній групі з міддю (Cu) також є Ag (срібло) і Au (золото) — усі ці метали використовуються для карбування монет.

На жаль, у деяких студентів з'являється хибне переконання, що саме карбування монет і є *причиною* того, чому ці хімічні елементи належать до тієї самої групи. Хоча справжня причина — схожість у хімічних властивостях і валентності.

Цей приклад показує, як студенти часом плутають асоціативні прийоми запам'ятовування зі справжнім знанням. Тому використовуючи якісь *метафори*, які полегшують запам'ятовування, завжди звертайте увагу на те, *якою є їхня справжня суть*.

Вільям П'єтро, викладач хімії, Йоркський університет, Торонто

ВИГАДУЙТЕ ІСТОРІЇ

Зверніть увагу на те, що згадані вище асоціативні фрази часто створюють значення через сюжет (навіть якщо історія дуже коротка). Складання історій віддавна є життєво важливим способом розуміння й запам'ятовування інформації. Викладачка Вера Паврі, яка читає історію науки й технології в Йоркському університеті, пропонує своїм студентам розглядати лекції не як лекції, а як історії, у яких є сюжет, персонажі й загальна ідея. Найкращі лекції з математики чи природничих наук часто побудовані як трилери, які починаються з інтригуювальної задачі, яку *потрібно* розв'язати. Якщо ваш викладач або підручник не презентує матеріал за допомогою питання, яке вас зацікавлює та спонукає до пошуку відповіді, спробуйте самостійно поставити таке питання, а потім шукати на нього відповідь¹⁷³. І не забувайте, що у створенні асоціативних висловів важливим є елемент сюжетності.

ЗАПИСУЙТЕ!

Перше, на чому я наголошую кожному новому студентові, — це прямий зв'язок між рукою та мозком, а отже, записування й організація конспектів є вкрай важливими засобами для розподілу великих обсягів інформації на невеликі осяжні фрагменти. Чимало моїх студентів віддають перевагу конспектуванню на комп'ютері. Коли в таких студентів виникають труднощі, перше, що я їм рекомендую, — почати конспектувати від руки. Хто так робить, завжди згодом показує кращі результати.

*Джейсон Дічент, доктор наук, керівник курсу з популяризації здорового способу життя,
Школа медсестер Пітсбурзького університету*

М'ЯЗОВА ПАМ'ЯТЬ

Ми вже згадували, що записування інформації від руки на картках допомагає закріплювати її в пам'яті. Хоча досліджень із цього питання не так багато¹⁷⁴, за спостереженнями багатьох викладачів записування від руки, імовірно, активує м'язову пам'ять. Наприклад, коли ви вперше дивитеся на якесь рівняння, воно може видаватися вам беззмистовним. Але якщо уважно записати це рівняння кілька разів на папері, воно у якийсь дивовижний спосіб починає оживати й набувати для вас значення. Так само деякі студенти чи учні стверджують, що читання умов задач чи формул уголос допомагає краще їх розуміти. Але не впадайте в інші крайнощі — наприклад, записувати рівняння сто разів. Перші кілька разів можуть дати результат, але з подальшими повтореннями це перетвориться на звичайне гаяння часу, який можна використати доцільніше.

Розмовляйте самі із собою

Я часто рекомендую своїм студентам розмовляти самим із собою замість просто перечитувати текст і зазначати найголовніше. Вони спочатку дивляться на мене як на дивачку (що, може, скидається на правду). Але не один студент згодом приходив до мене зі словами, що цей метод справді діє й тепер він узяв його собі на озброєння.

Діна Мійоші, викладачка психології, Коледж Меса в Сан-Дієго

СПРАВЖНЯ М'ЯЗОВА ПАМ'ЯТЬ

Якщо ви *справді* хочете покращити пам'ять і загальну здатність до навчання, то один із найкращих методів — це фізичні вправи. Останні експерименти на людях і тваринах показали, що регулярні тренування можуть суттєво поліпшити пам'ять і загальні здібності. Фізичні вправи, імовірно, допомагають створювати нові нейрони у відповідних ділянках пам'яті, а також створюють нові сигнальні алгоритми¹⁷⁵. Різні типи вправ — наприклад, біг чи ходьба й силові тренування — напевно, на молекулярному рівні дають різні ефекти. Але результати поєднання вправ різного типу можуть бути дуже позитивними.

ПРИЙОМИ ПОКРАЩЕННЯ ПАМ'ЯТІ, ЯКІ ПРИСКОРЯТЬ ВАШ РОЗВИТОК

Підбиймо підсумки. Використовуючи для запам'ятовування замість слів асоціативні образи, ви можете швидше досягнути високого рівня у своїй справі. Інакше кажучи, *навчитися осмислювати математично-природничі знання у візуальній формі — ефективний метод освоєння матеріалу*¹⁷⁶. Застосування інших прийомів може значно покращити вашу пам'ять, здатність навчатися й засвоювати матеріал.

Пуристи можуть скептично зауважити, що використання дивакуватих забав для запам'ятовування насправді не є навчанням. Але дослідження показали, що результати студентів, котрі застосовують такі методи запам'ятовування, перевищують досягнення тих, які ними не користуються¹⁷⁷.

Дослідження з людьми, що досягнули високого професіоналізму, показали, що описані вище методи запам'ятовування пришвидшують перетворення інформації у фрагменти пам'яті й вибудовують масштабніше бачення предмета, допомагають перевести новачків на вищий рівень, наблизений до експертного, значно швидше — навіть за лічені тижні¹⁷⁸. Прийоми покращення пам'яті дозволяють розширити можливості оперативної пам'яті й спростити доступ до довготермінової.

Ба більше: сам процес запам'ятовування набуває ознак творчого процесу. Що більше ви запам'ятовуєте з використанням інноваційних методів, то більше набуваєте креативних навичок. Це все тому, що ви створюєте цілком нові й несподівані можливості побудови логічних

зв'язків ще на ранніх етапах, навіть під час ознайомлення з матеріалом. Що більше ви тренуєте ці «м'язи пам'яті», то легше буде запам'ятовувати в майбутньому. Якщо спочатку на створення асоціативного образу якої-небудь формули й уявне переміщення її, скажімо, на кухонний стіл власного «палацу пам'яті» вам потрібно буде 15 хвилин, то згодом на схоже завдання вам може вистачати кількох хвилин або навіть секунд.

Ви також помітите, що коли засвоюєте основи матеріалу й присвячуєте час тому, щоб як належить зафіксувати ключові моменти в пам'яті, розуміння буде значно глибшим. Формули означатимуть для вас значно більше, ніж якщо ви просто переглянете їх у підручнику. Потім ви зможете значно легше пригадувати ці формули під час тестів або ж застосовувати їх у реальному житті.

Одне дослідження, що вивчало способи, якими актори запам'ятовують текст, показало: артисти уникають дослівного заучування. Замість того вони зосереджуються на розумінні потреб і мотивацій свого персонажа, накладаючи на них текст¹⁷⁹. Так само у вашому випадку найважливішою частиною процесу запам'ятовування є розуміння того, що насправді означають формули чи кроки розв'язання. Розуміння дуже допомагає запам'ятовувати.

Ви можете заперечити: вам забракне креативності, адже рівняння чи наукова теорія навряд чи мають свої грандіозні мотивації чи тонкі емоційні потреби, які допоможуть зрозуміти й запам'ятати. У такому разі пригадайте себе у дворічному віці. Ваша дитяча уява не зникла — потрібно лише видобути її на поверхню.

Прийоми запам'ятовування справді працюють

На самому піку інженерної освіти я одночасно готувався до отримання ліцензії на медичну практику (залишилося тільки два місяці!) і мав запам'ятати назви низки різних препаратів і дозування для дорослих пацієнтів і дітей. Спочатку це видавалося не дуже реальним, особливо якщо враховувати, що на карту поставлені людські життя. Але я швидко знайшов легкі прийоми, які спростили мені навчання. Візьмімо, наприклад, препарат фурсемід, який ще називають лазикс, — цей препарат виводить рідину з організму.

Доза, яку мені потрібно запам'ятати, — 40 міліграмів. Для мене ця комбінація є дуже вдалою, адже цифри 4 і 0 бачу в самій назві препарату: 4-0 (four-o) semide = furosemide». Схожі прийоми справді можуть закріпити інформацію у вашому мозку. Вигадавши цю комбінацію, я надалі навіть не замислювався над цим. Дуже рекомендую.

Вільям Кьолер, другокурсник, інженерна механіка

ВАША СПРОБА!

Пісеньки, що допомагають навчатися

Складіть пісеньку, яка допомагає запам'ятати яке-небудь поняття чи формулу, потрібні вам для занять. Запам'ятовування важливої інформації за допомогою різних прийомів зробить складні поняття простішими, а розв'язання — швидшими.

Підсумовуємо прочитане

- Метафори допомагають швидше засвоювати складну інформацію.
- Повторення є надзвичайно важливим: воно закріплює в пам'яті потрібну інформацію, перш ніж вона буде забута.
- Скорочення та словесні комбінації з певним значенням допомагають спрощувати та фрагментувати інформацію, тобто ефективніше нагромаджувати її в пам'яті.
- Сюжетні історії, складені як асоціативні фрази, можна використовувати для спрощення фрагментації й фіксації того, що ви намагаєтеся закарбувати в пам'яті.
- Записування та озвучення матеріалу, який ви вивчаєте, імовірно, покращує його запам'ятовування.
- Фізичні вправи дуже важливі для росту вашої нейронної мережі й утворення нових логічних зв'язків.

Робимо паузу та пригадуємо

Дуже корисно часом подумати про те, що ми опановуємо, десь в іншому місці, а не там, де ми це вивчили. Спробуйте застосувати цю техніку, пригадуючи основні думки цього розділу. Для формування відповідних зачіпок у пам'яті дехто використовує *відчуття* того місця, де навчається, — навіть такі як м'яке крісло, музика чи картина на стіні кав'ярні, де ви в той момент сиділи.

Закріплюємо знання

1. Візьміть аркуш паперу та спробуйте створити візуальну чи вербальну метафору до матеріалу, який ви саме зараз вивчаєте.
2. Перегляньте розділ із підручника, який тепер читаєте. Вигадайте таке питання до матеріалу, щоб воно заохочувало вас більше про це дізнатися.
3. Перед сном «прокрутіть» у голові матеріал, який хочете запам'ятати. Щоб пришвидшити процес, пригадайте його одразу після пробудження.

164 Інформацію про метафори у фізиці кінця XIX століття можна знайти у двох джерелах: Cat 2001 і Lützen 2005. Щодо метафор у хімії й більш широко у природничих науках див. Rocke 2010, зокрема розділ 11. Див. також Gentner and Jeziorski 1993. Образність і візуалізація — тема, що виходить за межі можливостей однієї книжки; див., наприклад, Journal of Mental Imagery.

165 Емануель Дерман, відомий спеціаліст із математичного моделювання, зазначає: «Теорії описують світ у своїх термінах і тому мають стояти на власних ногах. Моделі ж стоять на чужих ногах. Вони є метафорами, які порівнюють предмет їхньої уваги із чимось іншим, що він нагадує. Схожість завжди лише часткова, тобто моделі неминуче все спрощують та обмежують розміри світу... Коротко кажучи, теорія може сказати вам, чим певна річ є, а модель натомість скаже вам тільки те, на що ця річ схожа» (Derman 2011, p. 6).

166 Solomon 1994.

167 Rocke 2010, p. xvi.

168 Там само, с. 287, цитата з Berichte der Durstigen Chemischen Gesellschaft (1886), p. 35–36. Це було пародійне видання вигаданого durstigen (тобто «спраглого») хімічного товариства. Випуск було розіслано передплатникам «Записок Німецького хімічного товариства» і на сьогодні знайти його майже неможливо, оскільки номер був підробним.

169 Rawson and Dunlosky 2011.

170 Dunlosky et al. 2013; Roediger and Pyc 2012. В огляді щодо використання карток для навчання серед студентів Кетрін Віссман і колеги (2012, с. 568) подають власні спостереження: «Студенти розуміють переваги практикування в кількісному вимірі, але переважно не застосовують або не розуміють переваг практичних занять із довгими часовими проміжками між ними».

171 Morris et al. 2005.

172 Baddeley et al. 2009, pp. 207–209.

173 Вам може здатися, що в цій книжці я описую всі компоненти навчальної стратегії SQ3R (інколи її називають SQ4R — Survey, Question, Read, Recite, Review and wRite, тобто дослідити, запитати, прочитати, переказати вголос, переглянути й записати). У вас, імовірно, виникне питання, чому далі в тексті я не досліджую цю методику. SQ3R розробив психолог Френсіс Плезент Робінсон як загальний навчальний інструмент. Проте для вивчення математики та природничих наук центральним є розв'язування завдань, а SQ3R цього просто не передбачає. І це помітила не тільки я. Викладач фізики Рональд Аарон і його син Робін Аарон у книжці «Покращуйте свої оцінки з фізики» (Improve Your Physics Grade) пишуть: «Одна книжка з психології рекомендує навчатися за методом SQ3R... Ви справді вірите, що це вам допоможе? Ви вірите в Санта-Клауса? У великоднього кролика?» (Aaron and Aaron 1984, p. 2).

174 Примітно, що в цій царині було проведено зовсім не багато досліджень. Та невелика кількість доступної інформації загалом тільки підтверджує, що завдяки записуванню від руки знання засвоюються краще, ніж завдяки друкуванню. Див. Rivard and Straw 2000; Smoker et al. 2009; Velay and Longcamp 2012.

175 Cassilhas et al. 2012; Nagamatsu et al. 2013; van Praag et al. 1999.

176 Guida et al. 2012, p. 230; Leutner et al. 2009.

177 У Levin et al. 1992 описано, як студенти, що використовують мнемоніку, показують кращі результати, ніж ті, хто застосовує контекстуальні й вільні методи запам'ятовування.

178 У Guida et al. 2012 підкреслюється, що тренування технік запам'ятовування може пришвидшити процес утворення фрагментів пам'яті й структури знань, що допомагає швидше досягти рівня експерта, адже людина може використовувати частину довготермінової пам'яті як робочу пам'ять.

179 Baddeley et al. 2009, p. 376–377, цитата з дослідження Гельґи й Тоні Нойсів (2007).

12. УЧИМОСЯ ЦІНУВАТИ СВОЇ ТАЛАНТИ

РОЗВИВАЄМО ІНТУЇТИВНЕ РОЗУМІННЯ

Для вивчення математики та природничих наук багато ідей можна взяти зі спорту. Наприклад, у бейсболі техніку удару не можна опанувати за день. Ваше тіло удосконалює свої рухи завдяки великій кількості тренувань протягом років. Повторення випрацьовує м'язову пам'ять, завдяки чому ваше тіло знає, що має робити, від однієї лише думки — одного фрагмента пам'яті, тож не доводиться пригадувати всю послідовність рухів, потрібних для удару по м'ячу¹⁸⁰.

Так само розуміння того, *чому* ми виконуємо певні дії в математиці чи природничих науках, дає можливість не пояснювати самому собі знову і знову, *як* ці дії виконувати. Немає потреби щоразу пригадувати історію про 100 зерняток у кишені, які ми розкладаємо в 10 рядів по 10, щоб *зрозуміти*, що $10 \times 10 = 100$. На певному етапі ми вже знаємо це просто з пам'яті. Наприклад, ви запам'ятовуєте принцип множення степенів з рівними основами: добуток дорівнює степеневі з тією самою основою й показником, що становить суму показників множників ($10^4 \times 10^5 = 10^9$). Якщо ви часто застосовуватимете цю процедуру в розв'язуванні задач різного типу, то згодом побачите, що значно краще розумієте, *як* це робити і *чому* саме так, ніж одразу після пояснення вчителя чи прочитання відповідного розділу підручника. Вищий рівень розуміння є наслідком того, що *ваши* мозок уже створив власні логічні схеми, а не тільки прийняв те, що хтось йому сказав. *Пам'ятайте: людина навчається, наповнюючи сенсом інформацію, отриману зовні. Рідко щось складне ви зможете вивчити тільки слухаючи чиєсь пояснення.* (Як кажуть викладачі математики: «Математика — це не видовищний спорт».)

Шахісти, лікарі «швидкої допомоги», пілоти винищувачів і представники багатьох інших професій часто змушені швидко приймати складні рішення. Тоді вони вимикають свою свідомість і замість неї покладаються на свою натреновану інтуїцію, що

ґрунтується на добре засвоєному наборі фрагментів пам'яті¹⁸¹. У певні моменти свідоме розуміння того, що й чому ми робимо, сповільнює й перериває наші дії, а наші рішення від того можуть бути менш вдалим.

Викладачі можуть неумисно впадати в певні крайнощі щодо дотримання правил. У цікавому дослідженні, яке це ілюструє, шістьох людей знімали на відео, коли вони виконували серцево-легеневу реанімацію, але серед них був тільки один професійний медик¹⁸². Потім опитуваним медпрацівникам пропонували визначити, хто на відео саме цей професійний медик. І 90 % професіоналів правильно визначили цю особу, указуючи, що «вона виглядала як людина, котра знає, що треба робити»¹⁸³. Проте інструктори із серцево-легеневої реанімації змогли визначити справжнього медпрацівника на відео лише в 30 % випадків. Ці вимогливі теоретики критикували медика в експерименті за певні хиби, наприклад, що не зупинилися й не «прикинули», куди точно класти руки. Виглядало на те, що для інструкторів точне дотримання правил було важливішим за практичність.



Коли ви зрозумієте, чому виконуються певні дії в математиці чи природничих науках, вам не потрібно буде щоразу знову пригадувати, як це робити. Схоже осмислення допомагає

утворювати фрагменти пам'яті.

НЕ ЗАЗДРІТЬ ГЕНІЯМ

Як і олімпійські атлети, які свою спортивну форму виробляють не лише за допомогою коротких пробіжок у вихідні чи підіймання гантелей у вільний час, шахові гросмейстери не вибудовують свої нейронні структури завдяки кільком партіям в останні хвилини. Їхня база знань формується поступово, протягом років тренувань, які зрештою розвивають здатність бачити широкі контексти. Така практика створює відповідні структури в довготерміновій пам'яті, які потім можна швидко й легко звідти добути¹⁸⁴.

Повернімося до гросмейстера Магнуса Карлсена — визнаного генія як швидких, так і звичайних шахів. Карлсен мав дивовижну пам'ять на послідовності ходів тисяч шахових партій, зіграних у минулому. Він міг поглянути на шахову дошку із завершеною партією й одразу сказати, яку саме з понад десяти тисяч партій минулих століть вона нагадує. Інакше кажучи, Карлсен створив у своїй голові велетенську бібліотеку з потенційних варіантів партій. Він може швидко «погортати» свою бібліотеку й перевірити, що інші шахісти робили в таких самих ситуаціях¹⁸⁵.

У своєму підході Карлсен не унікальний, щоправда, він робить це краще, ніж більшість шахістів минулого й сьогодення. Не дивина, що гросмейстери присвячують щонайменше десять років тренуванню й фіксуванню в пам'яті тисяч варіантів партій¹⁸⁶. Ці готові схеми дають їм можливість розпізнати головні елементи кожної розстановки фігур значно швидше, ніж це можуть аматори. Гросмейстери розвивають у собі професійне чуття, яке підказує найкращий варіант у кожній ситуації¹⁸⁷.

Але зачекайте. Хіба майстри шахів чи люди, які множать у голові шестизначні числа, — це не просто великі таланти? Не обов'язково. Скажу вам прямо: звісно, розумові здібності мають значення. Бути розумним часто означає мати більший обсяг оперативної пам'яті.

Оперативна пам'ять таких людей спроможна одночасно утримувати, наприклад, дев'ять елементів замість чотирьох, і ці дев'ять елементів вони тримають міцно, як бульдог зубами. Це вміння полегшує вивчення математики і природничих наук.

Але знаєте що? Це вміння одночасно обмежує ваші можливості в креативності.

Чому?

Це наш давній друг і ворог — *установки*. Думки, що вже присутні у вашій свідомості, блокують нові ідеї. Оперативна пам'ять, яка добре працює, може так міцно тримати думки, що нові просто не можуть туди пробитися. Для такої сконцентрованої уваги потрібен «ковток свіжого повітря» — вміння перемикати увагу навіть тоді, коли ви не хочете цього. Здатність розв'язувати складні завдання може спричиняти такий стан, коли ви обдумуєте легкі завдання як важкі, вдаючись до складних способів розв'язання й не помічаючи простих і очевидних. Дослідження показують, що розумні люди схильніші губитися в лабіринтах складних рішень. На відміну від них, люди з нижчим рівнем інтелекту можуть швидше дійти простого розв'язання¹⁸⁸.

Важливо не те, що ви знаєте, а як думаєте

Мій досвід показує, що між високими оцінками й кар'єрним успіхом існує майже обернений зв'язок. І справді: багато студентів із низькими балами досягають успіху, натомість навдивовижу багато «геніїв» із певних причин опиняються за бортом¹⁸⁹.

Білл Зеттлер, доктор наук, викладач біології, науковий консультант, лауреат нагороди «Вчитель року», Університет Флориди

Якщо ви належите до тих людей, які не можуть тримати в оперативній пам'яті багато інформації одночасно, утрачаєте концентрацію, дримаєте на лекціях, а щоб використати свою оперативну пам'ять на повну потужність, потребуєте тиші, — ласкаво просимо до клану креативних. Дещо менший обсяг оперативної пам'яті дає можливість спрямувати хід думки в нові, креативніші комбінації. Якщо ваша оперативна пам'ять, побудована на потужності префронтальної кори головного мозку, не може міцно утримувати інформацію, вам легше задіяти нові схеми з інших ділянок мозку. Ці інші зони, а серед них і сенсорна, не тільки тісніше пов'язані з реальністю навколо вас, а також є джерелом мрій і креативних ідей¹⁹⁰. Часом або майже завжди вам доводиться докладати більших зусиль для опанування навчального матеріалу. Але якщо ви вже

заклали щось у довготермінову пам'ять, можете застосовувати цей фрагмент найрізноманітнішими способами, формувати з ним такі творчі комбінації, про які раніше навіть не здогадувалися!

Ще інформація для роздумів: у шахах, своєрідному бастіоні інтелектуалів, є деякі *елітні гравці із середнім рівнем IQ*. Ці, здавалося б, розумово цілком звичайні люди спроможні на більше, ніж деякі шахісти з потужнішим інтелектом, тому що вони більше тренуються¹⁹¹. І саме це є головною ідеєю. Кожен шахіст — посередній чи елітний — розвиває майстерність через тренування. **Саме тренування — умисне практикування найскладніших аспектів матеріалу — може підняти посередній інтелект на рівень обдарованих від природи.** Силів навантаження протягом довгого часу допомагають нарощувати м'язи. Так само можна практикувати певні логічні структури, поглиблювати й нарощувати їх у своєму мозку. Цікаво, що практика дозволяє навіть збільшити обсяг оперативної пам'яті. Дослідники встановили, що тренування за допомогою запам'ятовування щораз довших послідовностей чисел розвиває оперативну пам'ять¹⁹².

Високоінтелектуали мають свої проблеми. Інколи над обдарованими дітьми насміхаються однолітки, тому розумники навчаються приховувати свої дані. Потім із такого стану важко вибратися¹⁹³. Розумні люди інколи страждають від того, що спроможні зрозуміти всю складність ситуації — як хорошої, так і поганої. Люди з особливо високим інтелектом схильніші до уникання й відкладання на потім, ніж люди із середніми здібностями, тому що в дитинстві вони давали собі раду й так, тому в ранньому віці отримали від життя менше важливих уроків.

Чи ви є людиною, обдарованою від природи, чи для здобуття базових знань мусите докладати значних зусиль — ви не єдиний чи єдина, хто має відчуття, буцімто всіх навколо ошукує, що добрий результат останнього тесту — то просто пощастило, а після наступного тесту всі (сім'я, друзі тощо) *напевно* зрозуміють, наскільки ви насправді некомпетентний або некомпетентна. Це відчуття настільки поширене, що має навіть назву — «синдром самозванця»¹⁹⁴. Якщо страждаєте від такого відчуття невідповідності загальній думці про вас, пам'ятайте, що багато людей навколо приховують схожий стан.

Кожен має різні таланти. Як говорить давнє прислів'я, коли одні двері зачиняються, відчиняються інші. Будьте пильні й не проґавте відчиняння дверей.

Сягаючи нескінченності

Деякі люди відчують, що «розпорошені», інтуїтивні способи мислення більше відповідають їхній духовній суті. Креативність, яку стимулює розсіяний спосіб мислення, часом виходить за межі людського розуміння.

Як зауважив Альберт Ейнштейн: «Є тільки два способи прожити життя. Перший — вважати, що чудес не буває. Другий — думати, що навколо самі дива».

Не варто себе недооцінювати

Я готую учнів нашої школи до участі в олімпіаді з природничих наук. За останні дев'ять років наші учасники вісім разів перемогли на рівні штату. Нам не вистачило одного пункту, щоб перемогти на рівні штату ще й цього року, а на національному рівні ми часто фінішуємо в першій десятці. Ми виявили, що багато учнів із високими оцінками з усіх предметів, коли стикаються зі стресом, не досягають таких результатів, як ті, що вміють достатньою мірою оперувати наявними знаннями. Цікаво зауважити, що школярі цього другого типу часто вважають себе менш розумними, ніж учні з високими оцінками. Тому на олімпіаду я краще взяв би тих, які нібито мають нижчі показники, але вміють творчо мислити (як і вимагає змагання), ніж учнів із найкращими результатами, які вибиваються з колії, якщо поставлені їм запитання не відповідають вивченим шаблонам.

Марк Портер, учитель біології, Школа Міра Лома, Сакраменто, Каліфорнія

Підсумовуємо прочитане

- У певний момент, після ґрунтовного закріплення матеріалу в пам'яті, ми починаємо приділяти менше свідомої уваги дрібним деталям і виконувати певні дії автоматично.
- Робота зі студентами, які краще від вас схоплюють матеріал, може пробуджувати певний страх. Але нібито посередні студенти інколи

можуть мати перевагу в ситуаціях, де вимагається ініціативність, спроможність доводити справу до кінця, креативний підхід.

- Ключовою умовою креативності є здатність перемикатися з повної сфокусованої концентрації на розслаблений, розпорошений режим.
- Надто інтенсивна концентрація може *затримати* вас у пошуку розв'язання — це так само, як забивати шуруп молотком і думати, що це цвях. Якщо ви зайшли в глухий кут, часом оптимальний вихід із ситуації — на мить відволіктися від завдання й перемкнутися на щось інше (або навіть просто заснути над тим завданням).

Робимо паузу та пригадуємо

Закрийте книжку й відведіть від неї погляд. Які були основні ідеї цього розділу?

Спробуйте під час паузи пригадати також найважливіші думки цілої книжки.

Закріплюємо знання

1. Пригадайте випадки, коли життя винагороджувало вас за наполегливість. Чи плануєте ви настирливо попрацювати ще в якійсь сфері? Чи маєте план дій для важких моментів, коли почуваетесь невпевнено?
2. Люди часто намагаються боротися зі станом замріяності, адже він відволікає від справ, які вимагають зосередженості (наприклад, важлива лекція). Який спосіб краще діє на вас — змушувати себе до постійної концентрації чи просто повертати увагу на місце тоді, коли ловите себе на відволіканні?

Історія Ніка Епл'ярда, або Від посередності до суперзірки



© Nick Appleyard

Нік Епл'ярд — віце-президент американського відділення високотехнологічної компанії, що розробляє й обслуговує обладнання для фізичної симуляції, яке використовується в аерокосмічній, автомобільній, енергетичній, біомедичній і багатьох інших галузях. Він здобув диплом з інженерної механіки в Шеффілдському університеті в Англії.

«У дитинстві я був посереднім учнем і проблемною дитиною. Ці ярлики дуже вплинули на мою психіку. Із боку вчителів я відчував таке ставлення, ніби вони вже не мають жодної надії, що з мене щось вийде. Ситуацію погіршувало те, що батьки теж були

розчаровані в мені й моїх успіхах у навчанні. Особливо сильну зневіру я відчував від свого батька — лікаря, керівника відділення в університетській лікарні. (Пізніше я дізнався, що в дитинстві він мав схожі проблеми). Це було зачароване коло, яке підважувало мою впевненість у собі в усіх сферах життя.

У чому ж була проблема? У математиці й усьому, що з нею пов'язане, — дробі, таблиця множення, ділення у стовпчик, алгебра тощо. Усе це було нудним і не мало жодного сенсу.

Одного дня все почало змінюватися, хоча я цього ще не усвідомив. Мій батько приніс додому комп'ютер. На той час я чув про те, що деякі діти створювали вдома комп'ютерні ігри, які потім ставали популярними та швидко приносили своїм творцям гроші. Мені захотілося стати одним із них. Я читав, учився й писав щораз складніші програми, кожна з яких містила елементи математики. Унаслідок цього популярний британський комп'ютерний журнал погодився опублікувати одну з моїх програм, і для мене це було справжньою винагородою за працю.

Тепер я щодня бачу, як математика використовується в конструюванні новітніх автомобілів, допомагає запускати ракети в космос і аналізувати функціонування людського тіла. Математика для мене вже не є беззмістовною. Навіть більше: вона стала справжнім джерелом чудес... і блискучої кар'єри!»

180 Jin et al. 2014.

181 Partnoy 2012, p. 73. Автор зазначає: «Інколи розуміння того, що ми робимо несвідомо, може вбити природну спонтанність. Занадто високий рівень самосвідомості загальмовує наші інстинкти в ті моменти, коли вони нам потрібні. Але, із другого боку, занижений рівень самосвідомості перешкоджає удосконаленню інстинктивного підходу. Справжнім викликом для людини є спроможність у межах кількох секунд усвідомити чинники, важливі для прийняття рішення... але водночас усвідомити їх не аж настільки, щоб це почало перешкоджати прийняттю рішення» (Partnoy 2012, p. 111).

182 Partnoy 2012, p. 72, цитата з Klein 1999.

183 Klein 1999, p. 150, цитата з Klein and Klein 1981.

184 Мауро Пезенті і співавтори (2001, с. 103) зазначають: «Ми показали, що високий математичний рівень не впливає тільки з покращення тих процесів, які притаманні також неекспертам. Справа радше в тому, що експерти й неексперти використовують для математичних операцій різні зони мозку. Ми з'ясували, що експерти можуть перемикатися між короткотерміновими стратегіями запам'ятовування, що вимагають значних зусиль, і високоефективним епізодичним кодуванням і декодуванням — процесом, що забезпечується правою префронтальною та середньою скроневою зонами мозку».

Ще 1899 року видатний психолог Вільям Джеймс писав у класичній праці «Розмови з вчителями про психологію» (Talks to Teachers on Psychology): «Тепер ви бачите, чому “зубріння” є поганим методом навчання. Зубріння спрямоване на інтенсивне запихання інформації до пам'яті безпосередньо перед днем екзамену. Вивчений у такий спосіб матеріал не може утворити багато асоціацій. Із другого боку, ті самі знання, засвоєні в різні дні й у різних контекстах, через читання й переказування, повторення знову і знову, пов'язування їх з іншими знаннями, значно краще закріплюються в мозкових структурах. Саме тому варто розвивати в учнях звичку до постійної практики» (William 2008, [1899], p. 73).

185 У своїй класичній праці Вільям Чейз і Герберт Саймон (1973) встановили, що інтуїтивна генерація наступних ходів у шахових майстрів базується на розвиненому сприйнятті шаблонів, досягнутому завдяки великій кількості практики. Фернан Гобе і колеги (2001, с. 236) визначають фрагмент пам'яті як «набір елементів, що пов'язані один з одним міцними асоціаціями, але мають слабкі асоціативні зв'язки з іншими фрагментами».

186 Amidzic et al. 2001; Elo 1978; Simon 1974. Про 300 тисяч фрагментів було згадано у Gobet and Simon 2000.

187 Gobet 2005. Гобе додає, що експертний рівень знань в одній сфері не переноситься автоматично на інші. Це справді так, адже якщо ви вивчали іспанську, це не допоможе вам у Німеччині замовити Sauerkraut (квашену капусту). Але важливими є метанавички. Якщо ви навчитеся, як вивчати іноземні мови, опанувати другу мову вам буде значно легше. Саме тому розвиток майстерності в чомусь на зразок шахів може бути дуже корисним, адже це допомагає вибудувати певний набір нейронних структур, схожих на ті, які ви застосовуєте у вивченні математики та природничих наук. Навіть якщо ці нейронні структури зовсім прості (наприклад, «*потрібно зрозуміти правила гри*»), вони теж дають важливі навички.

188 Beilock 2010, p. 77–78; White and Shah 2006.

189 У дослідницькій літературі небагато інформації про такі відкриття. Див. Simonton 2009.

190 Carson et al. 2003; Ellenbogen et al. 2007; White and Shah 2011.

191 Мерім Білаліч і співавтори (2007) наголошують, що окремі гравці з IQ між 108 і 116 потрапили до елітної групи завдяки великій кількості тренувань. Середній рівень IQ елітної групи — 130. Див. також Duckworth and Seligman 2005.

Лауреат Нобелівської премії Річард Фейнман любив згадувати про свій відносно низький рівень IQ 125 як підтвердження того, що можна далеко піти незалежно від того, як результати тестів оцінюють ваш інтелект. Фейнман мав очевидні природні таланти, але ще замолоду він завзято — аж до одержимості — займався, щоб розвивати фізико-математичні знання й інтуїцію (Gleick 1992).

192 Klingberg 2008.

193 Silverman 2012.

194 Felder 1988. Див. також Justin Kruger and David Dunning (1999), де зазначено: «Неадекватна оцінка з боку некомпетентних людей впливає з хибної оцінки самих себе, натомість неадекватна оцінка з боку компетентних є результатом хибної думки про інших».

13. ЯК САМОМУ «ВИЛІПИТИ» СВІЙ МОЗОК

Черговою витівкою одинадцятирічного Сантьяго Рамона-і-Кахаля був задум зробити невелику гармату й рознести на друзки нову велику сусідову браму. Провінційна Іспанія 1860-х була не надто толерантною до малолітніх ексцентричних бешкетників. Саме тому Кахаль опинився у в'язниці, що аж кишіла блохами.

Сантьяго мав бунтарську й безкомпромісну вдачу. Його єдиною й непоборною пристрастю був живопис. Але ким він міг стати із самим лише малюванням? Кахаль ігнорував решту предметів — зокрема математику та природничі науки, які йому здавалися непотрібними.

Батько Кахаля, дон Хусто, був рішучим чоловіком, який вибився в люди майже із самих низів. Їхня сім'я не належала до заможних аристократів. Щоб виховати в синові дисциплінованість і стійкість, дон Хусто віддав його в науку до перукаря. Це обернулося катастрофою, бо після цього Кахаль почав негативно ставитися до будь-якого навчання. Намагаючись перелаштувати хлопця, учителі лупцювали його й морили голодом, але Сантьяго не піддавався й залишався їхнім найгіршим кошмаром.

Хто міг би тоді подумати, що згодом Сантьяго Рамон-і-Кахаль не тільки здобуде Нобелівську премію, а ще й увійде в історію як батько нейробіології.



Santiago Ramon y Cajal, by kind permission of Santiago Ramón y Cajal's heirs, with the gracious assistance of Maria Angeles Ramón y Cajal

Сантьяго Рамон-і-Кахаль здобув Нобелівську премію за свої численні відкриття, які значно розширили наші знання про структуру й функціонування нервової системи¹⁹⁵. На цій фотографії Кахаль більше схожий на митця, ніж на науковця. В його очах помітні вогники бешкетництва, яке принесло йому стільки проблем у дитинстві.

Протягом свого життя Кахаль зустрічався та працював з багатьма видатними науковцями — людьми, які часто інтелектуально значно перевершували його. У відвертій автобіографії Кахаль наголошує, що високоінтелектуали хоча й спроможні на видатні досягнення, але можуть також бути недбалими й розсіяними, як і всі інші. Кахаль відчував, що запорукою його успіху була наполегливість («чеснота недостатньо геніальних»¹⁹⁶), поєднана з гнучкістю — здатністю змінювати свою думку й визнавати помилки. Його успіх також ґрунтувався на підтримці коханої дружини — доньї Сильверії Фаньянас Гарсія (вони мали семеро дітей). Кахаль уважав, що *кожен*, навіть людина з посереднім інтелектом, може сам «виліпити» свій мозок. Навіть не дуже обдаровані люди здатні на видатні досягнення¹⁹⁷.

ЗМІНЮЮЧИ ДУМКИ, МИ ЗМІНЮЄМО ЖИТТЯ

Сантьяго Рамону-і-Кахалю було вже за двадцять, коли він почав вибиратися з ями проблемної юності. Сам Кахаль припускав, що його мозок просто «змучився від хаосу й легковажної поведінки й почав утихомирюватися»¹⁹⁸.

Доведено, що мієлінова оболонка — багата на ліпіди речовина, що допомагає сигналам швидше проходити через нейрон, — часто не формується остаточно аж до 20 років чи більше. Це може пояснити, чому тінейджерам часто важко контролювати свою імпульсивну поведінку, — зв'язки між зоною намірів і зоною дій ще не сформувалися¹⁹⁹.

Брак вроджених здібностей можна компенсувати наполегливою тяжкою працею та концентрацією. Можна сказати, що праця замінює собою талант, ба навіть більше — праця *формує талант*²⁰⁰.

Сантьяго Рамон-і-Кахаль

Коли ви *використовуєте* нейронні мережі, то, імовірно, сприяєте нарощуванню навколо нейронів мієлінових оболонок (якщо не згадувати інших змін на мікроскопічному рівні²⁰¹). Уважається, що мозкова діяльність зміцнює зв'язки між різними зонами мозку, створює оптимальні шляхи між мозковими центрами керування нашими діями й центрами зберігання знань. У випадку Кахалю виглядає на те, що природні процеси дозрівання, поєднані з його свідомими зусиллями для розвитку мислення, допомогли йому взяти під контроль свою поведінку²⁰².

Імовірно, людина може *прискорювати* розвиток нейронних мереж, практикуючи мозкову діяльність, яка *використовує* ці нейрони²⁰³. Ми все ще дуже мало знаємо про розвиток нейронів, але один факт стає дедалі очевиднішим: **якщо змінити спосіб мислення, можна досягнути значних змін у нашому мозку.**

У випадку Кахалю цікаво те, що він досягнув особливих успіхів, хоч і *не був* генієм принаймні в загальноприйнятому розумінні цього поняття. Він дуже шкодував, що ніколи не мав «швидкості, певності й чіткості у вживанні слів»²⁰⁴. Ба більше — в емоційно збудженому стані дослідник майже повністю втрачав контроль над своїм мовленням. Він не міг запам'ятовувати інформацію просто завчаючи, тому школа, де

заохочувалося слухняне повторення слів учителя, стала для нього справжнім пеклом. На що Кахаль ще був спроможний — це схопити й запам'ятати основні думки. Обмежені можливості в розумінні часто доводили його до відчаю²⁰⁵. Проте деякі з найцікавіших нинішніх напрямків нейробіологічних досліджень беруть початок із відкриттів Кахаля²⁰⁶.

Як лікар згадував у дорослому віці, його вчителі виявили повну неспроможність адекватно оцінити здібності учня. Вони приймали швидкість за кмітливість, пам'ять за інтелект, а покірність за порядність²⁰⁷. Успіх Кахаля, незважаючи на всі його хиби, навіть сьогодні свідчить про те, що вчителі часто можуть недооцінювати учнів — а учні можуть недооцінювати самих себе.

ГЛИБИННА ФРАГМЕНТАЦІЯ

Кахаль доклав зусиль і здобув медичну освіту. Після пригод на Кубі, де він служив військовим лікарем, і кількох невдалих спроб влаштуватися на роботу Кахаль нарешті здобув посаду викладача гістології й зайнявся вивченням під мікроскопом анатомії біологічних клітин.

Щоранку він старанно брався до своєї роботи, готував слайди для мікроскопа. Потім годинами уважно розглядав клітини. Після обіду Кахаль видобував із пам'яті свої абстрактні враження — те, що пригадував з ранкових дослідів, — і малював клітини. Завершивши малюнок, порівнював його із побаченим у мікроскопі. Потім повертався до малювання і зображав наново, перевіряв і знову перемальовував. Тільки коли малюнки починали детально зображувати досліджуваний матеріал (і не тільки якийсь один фрагмент, а всі до певного типу клітин), він заспокоювався²⁰⁸.

Кахаль був майстерним фотографом — навіть написав першу іспаномовну книжку про кольорову фотографію. Проте він відчував, що світлина не може передати справжню *суть* того, що він бачить. Кахаль міг це зробити тільки за допомогою малювання, яке допомагало йому створювати абстракції — трансформувувати реальність у фрагменти в такий спосіб, який дозволяв іншим бачити *суть* цього фрагмента.

Синтез — абстракція, фрагмент пам'яті, головна ідея — творить нейронну схему. **Добре збудовані фрагменти формують нейронні структури, здатні резонувати не лише в межах окресленої теми, а й в інших темах і сферах нашого життя. Абстракція допомагає нам переносити ідеї з однієї сфери до іншої²⁰⁹.** Саме тому справжнє мистецтво, поезія, музика й література можуть так сильно впливати на нас. Коли ми формуємо фрагмент пам'яті, він здобуває в нашій свідомості нове життя: ми створюємо ідеї, які зміцнюють і розширюють уже наявні в нас нейронні структури, а це допомагає нам уявляти й будувати нові схожі структури.

Сформувавши фрагмент у вигляді нейронної структури, ми можемо ефективніше передавати його іншим, як це робив Кахаль, а також чимало великих художників, письменників, музикантів й науковців протягом тисячоліть. Коли фрагмент засвоять інші люди, вони зможуть не тільки ним користуватися, а й простіше створювати схожі фрагменти в різних сферах їхнього життя — і це є важливою частиною творчого процесу.

© Barbara Oakley



На цьому малюнку видно, що фрагменти пам'яті — звивисті нейронні стрічки ліворуч і праворуч — дуже схожі між собою. Малюнок символізує те, що коли людина засвоїть один фрагмент у певній сфері, їй буде значно легше засвоїти або створити подібний фрагмент в

іншій сфері. Наприклад, базова математика «відлунює» нам у вивченні фізики, хімії й інженерних наук, а ще ми часом відчуваємо її під час опанування таких предметів, як економіка, бізнес чи моделювання людської поведінки. Саме тому здобути MBA легше буде людям з інженерною чи фізичною освітою, ніж історикам чи філологам²¹⁰.

Метафори й аналогії теж формують фрагменти пам'яті, завдяки яким ідеї навіть із зовсім інших сфер можуть впливати одна на одну²¹¹. Тому людям, які люблять математику, природничі науки й технології, часто дивним чином допомагають їхні знання й уміння зі спорту, музики, іноземних мов, мистецтва чи літератури. Власні знання про те, як слід вивчати мови, допомогли мені впоратися з математикою та природничими науками.

Один із головних принципів успішного засвоєння математики й природничих наук, — усвідомити, що майже все, що ми вивчаємо, може мати аналогію, тобто порівняння із чимось, що ми вже знаємо²¹². Інколи аналогії й метафори дуже віддалені: наприклад, про те, що кровеносні судини схожі на автостради, або ж про ядерну реакцію як про падання кісточок доміно. Утім ці прості аналогії й метафори дуже допомагають, коли ми використовуємо наявні нейронні структури як опори для швидкої побудови нових і складніших. Коли ви почнете застосовувати ці нові структури, то відкриєте для себе, що вони ефективніші, ніж були ті первинні. Ці нові структури, своєю чергою, можуть стати джерелом метафор і аналогій для нових ідей у найрізноманітніших сферах життя. Саме тому світ фінансів охоче приймає людей, що в минулому були фізиками чи інженерами. Наприклад, фізик Емануель Дерман, автор блискучих досліджень із фізики елементарних частинок, пішов працювати до компанії Goldman Sachs і долучився до розробки моделі Блека—Дермана—Тоя для відсоткових ставок. Дерман також працював у спеціальній групі у справах стратегій кількісного аналізу ризиків.

Підсумовуємо прочитане

- Мозок розвивається в різних людей із різною швидкістю. Багато осіб ще не досягає інтелектуальної зрілості навіть після двадцяти.
- Деякі зі світил науки в дитинстві всім навколо здавалися безнадійно зіпсованими шибайголовами.
- Успішні професіонали в математиці, природничих науках чи технологіях уміють формувати фрагменти пам'яті — абстракції до своїх ідей.
- Метафори й аналогії створюють фрагменти пам'яті, які дають можливість ідеям із дуже різних сфер впливати одна на одну.

- Незалежно від вашої кар'єрної стежки чи планів на майбутнє зробіть так, щоб математика й природничі науки обов'язково були у вашій навчальній програмі. Це сформує запас фрагментів пам'яті, які допоможуть розвинути ефективніші підходи до найрізноманітніших професійних і життєвих викликів.

Робимо паузу та пригадуємо

Закрийте книжку й відведіть від неї погляд. Які були основні ідеї цього розділу?

Пригадати буде простіше, якщо ви якось пов'яжете ці ідеї із власними життєвими чи професійними цілями.

Закріплюємо знання

1. Сантьяго Рамон-і-Кахаль у своїй кар'єрі зумів поєднати пристрасть до малювання із захопленням наукою. Чи знаєте ви інших людей (відомі публічні особи або ж ваші друзі чи знайомі), які зробили щось схоже? Чи таке поєднання можливе у вашому житті?
2. Як уникнути спокуси переконувати себе в тому, що швидкі люди автоматично є розумними?
3. Якщо робити те, що вам кажуть, це має як свої плюси, так і мінуси. Порівняйте життя Кахалю зі своїм. У яких випадках прислухатися до порад інших було корисно? Коли це навпаки створювало проблеми?
4. Якщо порівнювати з перешкодами, які долав Кахаль, як виглядали ваші перепони? Чи вдається вам перетворювати перешкоди на переваги?

¹⁹⁵ DeFelipe 2002.

¹⁹⁶ Ramón y Cajal 1937, p. 309.

¹⁹⁷ Ramón y Cajal 1999 [1897], p. xv–xvi; Ramón y Cajal 1937, p. 278.

¹⁹⁸ Ramón y Cajal 1937, p. 154.

¹⁹⁹ Fields 2008; Giedd 2004; Spear 2013.

²⁰⁰ Ramón y Cajal 1999 [1897].

²⁰¹ Bengtsson et al. 2005; Spear 2013.

²⁰² Кахаль добре вмів планувати, про що свідчить його конструювання гармати. Проте, як виглядає, не вмів побачити свої дії в широкому контексті. Наприклад, захопившись ідеєю розвалити браму сусіда, він не був спроможний передбачити очевидне — це накличе великі проблеми. Див. Shannon et al. 2011, де описане цікаве відкриття: у проблемному підлітковому віці функціональні зв'язки поєднують дорсолатеральну премоторну зону мозку з нейронною мережею «за замовчуванням» («сукупність зон мозку, пов'язана зі спонтанною, нічим не обмеженою і самодостатньою свідомістю», с. 112–141). Коли підлітки дозрівають і їхня поведінка покращується, дорсолатеральна премоторна зона, навпаки, починає зв'язуватися з мережами уваги й контролю.

203 Bengtsson et al. 2005; Spear 2013; Thomas and Baker 2013. Сайбу Томас і співавтори (с. 226) зазначають: «Дослідження тварин показують, що широкомасштабна організація аксонів і дендритів є дуже стабільною, а залежна від досвіду структурна пластичність у дорослому мозку виникає локально і не є тривалою». Інакше кажучи, ми можемо зробити певні зміни в нашому мозку, але кардинальна перебудова неможлива. Це логічно. Популярна книжка про пластичність мозку — Doidge 2007. Технічно найкращий підхід до цієї теми можна знайти в Shaw and McEachern 2001. Власні роботи Кахалю на сьогодні здобули визнання як фундаментальні для розуміння пластичності мозку (DeFelipe 2006).

204 Ramón y Cajal 1937, p. 58.

205 Там само, с. 58, 131. Здатність схоплювати ключові думки (суті проблеми) важливіша, ніж здатність запам'ятовувати словесні вирази. Імовірно, «суті» і «слова» кодуються в різний спосіб. Див. Geary et al. 2008, p. 4–9.

206 DeFelipe 2002.

207 Ramón y Cajal 1937, p. 59.

208 Root-Bernstein and Root-Bernstein 1999, p. 88–89.

209 Bransford et al. 2000, розділ 3; Mastascusa et al. 2011, chaps. 9–10.

210 Fauconnier and Turner 2002.

211 Mastascusa et al. 2011, p. 165.

212 Gentner and Jeziorski 1993.

14. ЯК РОЗВИВАТИ «ВНУТРІШНЄ ОКО» ЗА ДОПОМОГОЮ ПОЕЗІЇ ФОРМУЛ

УЧИМОСЯ ПИСАТИ ПОЕЗІЮ ФОРМУЛ І БАЧИТИ ПРИХОВАНІ СЕНСИ

Поетеса Сильвія Плат колись написала: «Той день, коли я увійшла до кабінету фізики, був схожий на день смерті»²¹³. І продовжила:

Невисокий темноволосий чоловік із тонким шепелявим голосом — його звали пан Мензі — стояв перед класом у тісному синьому костюмі та тримав у руках невелику дерев'яну кулю. Він поклав кулю на похилу поверхню, і куля скотилася донизу. Потім він почав говорити щось про те, що a — це прискорення, а t — це час, а далі — шкрябати на дошці якісь літери, числа й знаки рівності, а моя свідомість тим часом повільно вмирала.

Пан Мензі, принаймні у цій напівавтобіографічній історії Сильвії Плат, написав книжку на чотириста сторінок, у якій не було жодного малюнка чи фотографії, — самі лише схеми й формули. У підсумку це все можна порівняти із ситуацією, у якій хтось би оцінював поезію Сильвії Плат із *розповідей* про неї, не маючи можливості прочитати вірші самостійно. У книжці Плат вона була єдиною ученицею, яка завершила цей курс із найвищою оцінкою, але він пробудив у ній панічний страх перед фізикою.

Чим зрештою є математика, якщо не поезією розуму? І чим є поезія, якщо не математикою серця?

Девід Юджин Сміт, американський математик і освітянин

Вступні заняття із фізики Річарда Фейнмана виглядали зовсім по-іншому. Цей майбутній лауреат Нобелівської премії для розваги грав на барабанах бонго й розмовляв радше як грубуватий таксист, аніж як високоінтелектуал²¹⁴.

Коли Фейнману було одинадцять років, одна спонтанна фраза справила значний вплив на його свідомість. Якось він у розмові з

другом сказав, що мислити — це не що інше, як розмовляти із самим собою всередині себе.

— О, справді? — запитав його друг. — А ти пам'ятаєш, яку чудернацьку форму має колінвал автомобільного двигуна?

— Так, і що?

— Ну то розкажи мені, як ти його описав би, якби розмовляв сам із собою?

Саме тоді Фейнман усвідомив, що форма думок може бути як візуальною, так і вербальною²¹⁵.

Згодом він писав про те, як у студентські роки намагався візуалізувати певні фізичні явища, — електромагнітні хвилі, невидимі потоки енергії, які несуть усе — від сонячного світла до сигналів мобільного телефона. Йому було складно описати те, що він бачив своїм «внутрішнім оком»²¹⁶. Якщо навіть один із найвидатніших фізиків мав труднощі з баченням певних фізичних явищ (які, ймовірно, складно уявити), що вже тоді казати про звичайних людей?

Трохи оптимізму й натхнення можна почерпнути з поезії²¹⁷. Візьмімо кілька рядків із пісні «Множина Мандельброта»²¹⁸ про славетного математика Бенуа Мандельброта (автор і виконавець Джонатан Колтон).

Мандельброт на небесах.

Він перетворив хаос у порядок, дав нам надію, якої не було.

Його геометрія працює там, де не впоралися інші.

Тому коли ви зіб'єтеся зі шляху, метелик махне крилом

На іншому боці земної кулі, і маленьке диво приведе вас додому.

Суть незвичайної математики Мандельброта Колтон передав в емоційних фразах своєї пісні, які формують видимі для нашого внутрішнього ока образи — легкий порух крила метелика, що має вплив на події аж на протилежному боці земної кулі.

Праці Мандельброта, спрямовані на створення новітньої геометрії, допомогли нам зрозуміти, що дещо часом виглядає хаотичним, але насправді має певний ступінь упорядкованості. Візуальної складності можна досягнути за допомогою простих принципів, як це продемонструвала сучасна індустрія анімаційних фільмів. Поезія Колтона теж містить у собі ідею, закладену в працях Мандельброта:

невеликі й непомітні зміни в одній частині Всесвіту насправді мають вплив на всю його решту.

Якщо глибше й глибше занурюватися в рядки Колтона, можна знаходити щораз більше способів пов'язати їх із різними аспектами нашого життя. Ці слова набуватимуть дедалі більшого значення в міру того, наскільки глибоко ми розумітимемо доробок Мандельброта.

У формулах існують приховані значення — так само вони є в поезії. Якщо ви новачок, якщо вас не навчили, як помічати життя за символами фізичних формул, тоді ці формули здаватимуться вам мертвими. Вони почнуть набувати значення тільки тоді, коли ви вчитиметесь витягувати з-поміж символів приховані сенси.

Фізик Джефрі Прентіс описав, як на фізичні формули дивляться студент-початківець і спеціаліст²¹⁹. Для новачка це лише одна з низки не пов'язаних між собою формул, яку теж треба запам'ятати. Більш підготовлені студенти або ж професійні фізики своїм «внутрішнім оком» бачать у формулі *сенси*, що виходить за межі самих символів формули; вони вбачають у цьому частину загального великого пазла, можуть навіть відчувати частини формули *на дотик*.

Математик, у якому немає певних рис поета, ніколи не буде справжнім математиком.

Карл Ваєрштрасс, німецький математик

Коли ви бачите літеру *a*, яка означає прискорення (acceleration), можете уявляти, що тиснете на газ автомобіля, який ще називають *акселератором*. Спробуйте *відчутти* прискорення автомобіля, що притискає вас до спинки сидіння.

Чи потрібно викликати в собі ці відчуття щоразу, коли бачите літеру *a*? Звичайно, ні: не варто постійно пригадувати кожну дрібну деталь аж до запаморочення в голові. Але це відчуття натискання педалі газу може зависнути десь у глибинах вашого мозку як фрагмент, готовий у разі потреби швидко виринути в оперативній пам'яті, коли вам доведеться зрозуміти значення символу *a* в якій-небудь формулі.

Так само літера *m*, що означає *масу* (*mass*), може викликати у вас згадку про великий 20-кілограмовий камінь, який не так легко зрушити з місця. У літері *f* — *силі* (*force*) — ваше «внутрішнє око» може

бачити те, що за нею стоїть, тобто залежність від маси і прискорення — $m \times a$ (як у формулі $f = m \times a$).

Ходімо далі. Фізичний термін *робота* (*work*) означає енергію. Ми виконуємо *роботу* (тобто постачаємо енергію), переміщуючи якийсь предмет (*сила*) на певну *відстань* (*distance*). Закодуємо це все з поетичною простотою: $w = f \times d$. Якщо за символом w ми бачимо роботу, то внутрішньо можемо уявити цю роботу й навіть тілесні відчуття від неї. Унаслідок цього можна вивести для себе рядки поезії формул, наприклад:

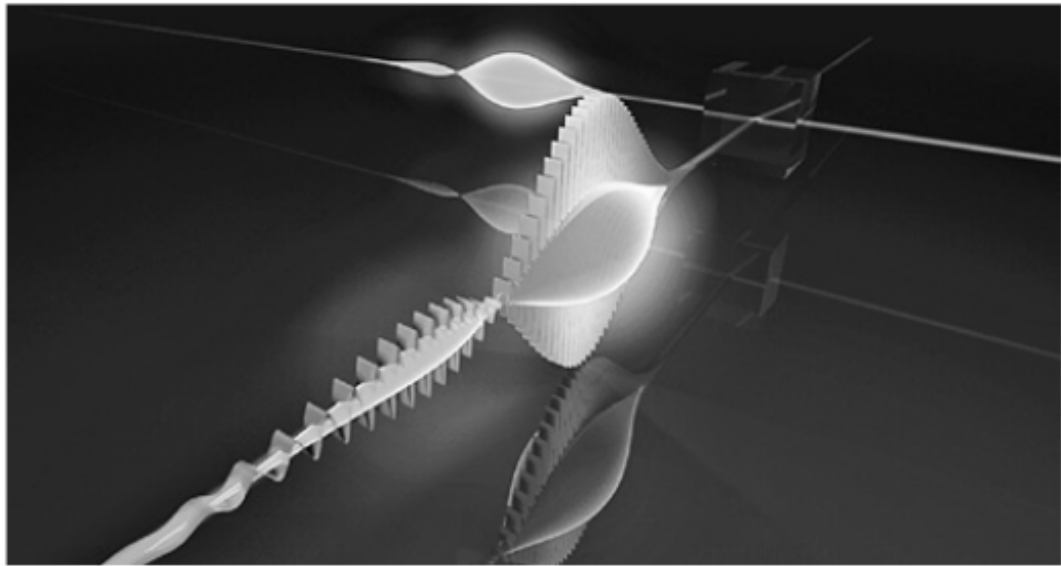
$$\begin{aligned}w \\ w &= f \times d \\ w &= (ma) \times d\end{aligned}$$

Інакше кажучи, символи й формули містять прихований текст — значення, яке стає зрозумілим, коли ви глибше опановуєте матеріал. Хоч то так і не виглядає, науковці часто у формулах вбачають одну з форм поезії — спосіб вираження того, що ми бачимо чи розуміємо, за допомогою коротких символів. Спостережливі люди усвідомлюють усю глибину поетичних рядків, які можуть мати багато різних значень. У такий самий спосіб студенти поступово вчаться бачити приховані значення формул своїм «внутрішнім оком» і навіть інтуїтивно відчувати можливості їх інтерпретації. Також немає нічого дивного в тому, що графіки, таблиці й інші візуальні форми інформації так само містять приховані значення, які «внутрішнє око» може інтерпретувати навіть ширше, ніж текст.

СПРОЦУЙТЕ Й ПЕРСОНАЛІЗУЙТЕ ВСЕ, ЩО ВИВЧАЄТЕ

Ми вже підводили до цього раніше, але варто повернутися ще раз після нашого розгляду інтерпретації прихованого значення формул. **Одним із найважливіших методів вивчення математики та природничих наук є побудова в нашій свідомості абстрактних ідей.** Наприклад, Сантьяго Рамон-і-Кахаль уявляв собі побачене під мікроскопом як сцени, що розігруються живими істотами із власними мріями і сподіваннями (як у людей)²²⁰. Колега та друг Кахалю Чарльз Шеррінгтон (увів поняття «*синапс*») розповідав друзям, що ніколи не зустрічав іншого науковця з такою неймовірною спроможністю

вдихати життя у свою роботу. На думку Шеррінгтона, це могло бути одним із головних чинників, що допомогли Кахалю досягнути такого рівня.



© Marco Bellini, Istituto Nazionale di Ottica — CNR, Florence, Italy

Ейнштейн умів уявляти себе фотон²²¹. Зрозуміти, що бачив Ейнштейн, можна, якщо поглянути на це чудове зображення інтенсивного лазерного імпульсу, зроблене італійським фізиком Марко Белліні: лазерний імпульс (на передньому плані) використовується для вимірювання форми фотона (на задньому плані).

Теорія відносності Ейнштейна постала не завдяки його математичним навичкам (йому часто доводилося співпрацювати з математиками, щоб рухатися вперед у дослідженнях), а завдяки його багатій уяві. Він «бачив» себе фотон²²¹, який рухається зі швидкістю світла, потім уявляв, як його може сприймати інший фотон. Що може бачити й відчувати цей другий фотон?

Барбара Макклінток здобула Нобелівську премію за відкриття генетичної транспозиції (гени, які можуть змінювати своє положення в ДНК), писала про те, як вона уявляла зерна досліджуваних рослин: «Я навіть бачила внутрішню частину хромосом і все, що там було. Мене це дуже дивувало, адже я справді мала таке відчуття, ніби перебуваю там, усередині, а навколо мене мої друзі»²²².



© Smithsonian Institution Archives, image #SIA2008-5609

Видатний генетик Барбара Макклінток бачила в уяві досліджувані нею молекулярні елементи в гігантському масштабі. Як і інші лауреати Нобелівської премії, вона персоналізувала ці елементи й навіть дружила з ними.

Комусь можуть видатися дивакуватими такі забави зі спробами уявити досліджувані елементи чи механізми як живі істоти зі своїми думками й відчуттями. Але цей метод діє: він вдихає життя в ці елементи й допомагає розуміти явища, які не можна інтуїтивно відчувати, дивлячись тільки на сухі числа і формули.

Також важливим є спрощення. Річард Фейнман — фізик, який грав на барабанах і про якого ми згадували в цьому розділі, — просив науковців пояснити свої ідеї настільки просто, щоб він міг це зрозуміти. Як не дивно, прості пояснення можливі для майже *будь-якого* явища незалежно від складності. Якщо ви схилитиметеся до простих пояснень, розбиваючи складний матеріал на головні елементи, ваше розуміння буде глибшим²²³. Експерт із питань на-

вчання Скотт Янг розвинув цю ідею в так звану *техніку Фейнмана*, за якою для розуміння суті якогось явища потрібно шукати метафори й аналогії²²⁴.

Легендарний Чарльз Дарвін робив щось дуже схоже. Перш ніж описувати якусь концепцію, він уявляв собі людину, яка щойно починає ознайомлення з його дослідженнями. Він відкладав перо й намагався пояснити все простими словами. Це допомагало йому краще викладати пояснення на папері. На сторінці www.reddit.com є спеціальний розділ Explain like I'm five («Поясніть як п'ятирічній дитині»), де можна опублікувати запитання на складну тему із проханням подати відповідь просто²²⁵.

Вам може здаватися, що пояснити щось може тільки той, хто це добре розуміє. Але поспостерігайте за тим, що відбувається, коли ви просто розмовляєте з іншими людьми про предмет вашого вивчення. Дивовижно: розуміння часто з'являється *після* спроб пояснити щось іншим або собі, тобто пояснення не залежить суто від попереднього розуміння. Саме тому викладачі часто кажуть, що вперше справді зрозуміли матеріал аж тоді, коли почали читати лекції.

Приємно з вами познайомитися!

Вивчення органічної хімії нічим не складніше за пізнання характерів. Кожна речовина має свій унікальний характер. Що глибше ви розумієте цих особистостей, то краще зможете змодельовувати різні ситуації й передбачити їхню поведінку — результат реакції.

Кетлін Нолта, доктор наук, старший викладач хімії, лауреат премії за педагогічні досягнення Golden Apple Award, Мічиганський університет

ВАША СПРОБА!

Розіграйте уявні сценки

Уявіть себе всередині того середовища, яке вивчаєте: подивіться на світ із перспективи клітини, електрона або навіть математичного явища. Спробуйте розіграти уявну сценку за участю ваших нових друзів, уявляючи в деталях, що вони думають і відчувають.

ТРАНСФЕР — ПЕРЕВЕДЕННЯ ВИВЧЕНОГО В ІНШИЙ КОНТЕКСТ

Трансфером називають здатність переводити предмет вивчення в інший контекст, застосування його в інший спосіб. Наприклад, ви вивчаєте одну іноземну мову й помічаєте, що друга іноземна дається вам легше, ніж перша. Так склалося тому, що вивчаючи першу мову, ви засвоїли загальні принципи або навіть схожі слова та граматичні структури, — це був *трансфер* ваших знань у вивчення другої мови²²⁶.

Вивчати математику, застосовуючи її тільки в межах якоїсь певної дисципліни (бухгалтерського обліку, інженерії чи економіки), — це приблизно те саме, що взагалі не вивчати іноземних мов, а тільки трохи розширити словниковий запас рідної. Багато математиків вважають, що вивчення цієї науки з вузьким підходом застосування її у певній сфері ускладнює використання математики в гнучкий і креативний спосіб.

Математики думають: якщо ви вивчаєте цю науку так, як вони її викладають (з акцентом на абстрактних сутностях без звуження математики до певних застосувань), то здобуваєте навички, які легко можна перевести в багато інших сфер. Інакше кажучи, ви отримуєте щось схоже на загальні вміння з вивчення іноземних мов. Наприклад, ви можете бути студентом-фізиком, але легко використовуєте свої знання з абстрактної математики, щоб зрозуміти її застосування в багатьох зовсім інших процесах — біологічних, фінансових чи навіть психологічних.

Певною мірою саме тому математики викладають цю дисципліну в абстрактний спосіб, без зведення її до конкретних застосувань. Вони хочуть показати вам сутність ідей, вважаючи, що так буде простіше пристосувати ці думки до різних сфер²²⁷. Як аналогію можна навести приклад: вас не вчать якоїсь певної фрази (скажімо, «Я біжу») албанською, литовською й ісландською мовами, а доносять до вас суть — що в мовах є певна категорія слів, які називаються *дієсловами* і які *відмінюються*.

Певну перешкоду тут становить те, що математичні явища часто простіше опанувати, якщо застосовувати їх до конкретних завдань, а такий спосіб вивчення може згодом ускладнити перенесення

математичних навичок на інші сфери. Не дивно, що існує своєрідний конфлікт між прикладним і абстрактним підходами до вивчення математики. Викладачі математики намагаються триматися високих матерій, ставлячи абстрактний підхід на перше місце в навчальному процесі. На відміну від них сфери інженерії, бізнесу тощо природно схиляються до математики, сфокусованої на їхніх специфічних завданнях, щоб підвищувати зацікавлення студентів і уникати скарг на зразок «Але ж це мені ніколи в житті не знадобиться!». Прикладний підхід у математиці має таку особливість: багато з нібито практично орієнтованих завдань насправді є легко замаскованими звичайними математичними задачами. Загалом обидва підходи — прикладний і абстрактний — мають свої переваги й недоліки.

Трансфер знань корисний тим, що часто спрощує навчання для студентів, що виходять на вищий рівень опанування певної дисципліни. Професор Пітсбурзького університету Джейсон Дічент пише: «Я завжди кажу студентам, що в міру засвоєння навчальної програми їм доведеться присвячувати навчанню дедалі менше часу, але вони мені не вірять. Бо насправді кожного нового семестру їм доводиться вчитися щоразу більше; вони ще тільки намагаються об'єднувати свої знання в цілісну систему». Одним із найпроблематичніших аспектів відволікання (коли сконцентровану працю постійно переривають загляданням у телефон, електронну пошту чи інші повідомлення) є те, що воно шкодить трансферу знань. Студенти, які часто переривають навчання, не тільки слабше засвоюють матеріал, а й гірше переносять вивчене на інші сфери²²⁸. Вам може здаватися, що в проміжках між загляданнями в телефон ви навчаєтеся, але насправді мозок концентрується недостатньо довго, щоб сформувати надійні нейронні мережі, а саме такі фрагменти є основою для трансферу знань з однієї галузі до іншої.

ТРАНСФЕР ЗНАНЬ ПРАЦЮЄ!

Торік я спробував застосувати техніку риболовлі з Великих озер на островах Флорида-Кіс. Зовсім інша риба, інші наживки, техніка, яка не застосовувалася в цих умовах раніше, — але все вдалося. Люди

дивилися на мене як на дивака, але було дуже кумедно показати їм, що я справді наловив риби.

Патрик Скоїн, старшокурсник, історія

Підсумовуємо прочитане

- Формули — це лише засіб абстракції та спрощення певних концепцій. Це означає, що формули містять глибше значення, схоже на глибинні сенси, які знаходять у поезії.
- Наше «внутрішнє око» є дуже важливим, адже воно допомагає персоналізувати явища, які ми вивчаємо, і надавати ознак сюжетності.
- Трансфер — це здатність переносити вивчений матеріал з одного контексту в інший.
- Математичні явища важливо запам'ятовувати як сформовані фрагменти пам'яті, тому що тоді їх простіше переносити на інші сфери й застосовувати в різні способи.
- Якщо ви під час навчання відволікаєтеся на додаткові справи, то засвоюєте матеріал лише поверхово. Згодом це може перешкодити перенесенню вивченого на різні сфери життя.

Робимо паузу та пригадуємо

Закрийте книжку й відведіть від неї погляд. Які були основні ідеї цього розділу? Чи можете ви відобразити деякі з них за допомогою відповідних символів, які сприймає ваше «внутрішнє око»?

Закріплюємо знання

1. Напишіть «вірш із формул» — кілька рядків, які відкривають її сенс, прихований за стандартним виглядом.
2. Опишіть, як певні явища, які ви вивчаєте, можна візуалізувати за допомогою уявних сюжетних сценок. Як ви уявляєте поведінку власних персонажів, їхні відчуття й реакції?
3. Візьміть якесь вивчене математичне явище й наведіть приклад його практичного застосування. Потім уявно зробіть крок назад і подумайте, чи відчуваєте абстрактну ідею, яка стоїть за цим використанням. Чи спадає вам на думку якийсь зовсім інший спосіб застосування цього математичного явища?

214 Більше про життя Фейнмана ви можете довідатися з його книжки «Та ви жартуєте, містере Фейнман!», що 2018 року з'явилася в «Нашому форматі».

215 Feynman 2001, p. 54.

216 Feynman 1965, 2010.

217 Цей розділ ґрунтується на матеріалах Prentis 1996.

218 Уривки з пісні Mandelbrot Set надав її автор Джон Колтон. Повний текст поданий на jonathancoulton.com/wiki/Mandelbrot_Set/Lyrics.

219 Prentis 1996.

220 Cannon 1949, p. xiii; Ramón y Cajal 1937, p. 363. Див. також «Метелики душі» (Butterflies of the Soul) Хав'єра Дефеліпе з багатьма чудовими ілюстраціями з ранніх етапів нейробіологічних досліджень (DeFelipe 2010).

221 Mastascusa et al. 2011, p. 165.

222 Keller 1984, p. 117.

223 Див. дискусії щодо опитувань і пояснень у Dunlosky et al. 2013.

224 youtube.com/watch?v=FrNqSLPaZLc.

225 reddit.com/r/explainlikeimfive.

226 Див. також примітку 187 із розділу 12.

227 Mastascusa et al. 2011, chaps. 9–10.

228 Foerde et al. 2006; Paul 2013.

15. ВІДРОДЖЕННЯ НАВЧАННЯ

ЦІННІСТЬ НАВЧАННЯ ЗАРАДИ НАВЧАННЯ

Таких людей, як Чарльз Дарвін, котрий завдяки теорії еволюції став однією з найвидатніших постатей в історії людства, часто вважають геніями від природи. Ви здивуєтеся, але Дарвін, як і Кахаль, не був успішним студентом. На певному етапі вивчення медицини він залишив навчання й вирушив у навколосвітню подорож на кораблі як науковець-натураліст — на превеликий смуток його батька. Залишившись на самоті, Дарвін міг свіжим оком поглянути на наукові дані, які збирав.

Наполегливість часто важливіша за інтелект²²⁹. Якщо культивувати підхід «навчання заради навчання», можна прокласти унікальний шлях до успіху. Хоч би якими чудовими були ваші підручники й викладачі, поглянувши в інші навчальні матеріали, ви усвідомлюєте: вивчене вами є лише частиною обраної теми й це все можна пов'язати з *іншими* цікавими темами на *ваш* розсуд.

У математиці, природничих науках і технології багатьом доводиться шукати індивідуальний шлях у навчанні, відмовляючись від звичайних схем (часом просто немає вибору, але причини можуть бути різними). Дослідження показали, що студенти краще навчаються тоді, коли активно опрацьовують тему, а не просто слухають, як хтось розповідає²³⁰. Ключовою для навчання є здатність студента самостійно працювати з матеріалом, принагідно обговорюючи його з іншими.

Сантьяго Рамон-і-Кахаль жахнувся, коли йому в дорослому віці довелося вивчати математичний аналіз під час навчання на лікаря. У дитинстві та юності він ніколи не приділяв уваги математиці, тому йому бракувало навіть елементарного розуміння матеріалу. Довелося длубатися в старих підручниках, чухаючи потилицю, щоб досягнути основи. Проте Кахаль старанно все опановував, бо його підштовхувала вперед поставлена мета.

Який потужний стимул для початківців міг би дати викладач, котрий не просто захоплено описував би велич наукових відкриттів минулого, а докопувався б до самих початків кожного відкриття, розповідав про безліч помилок і невдач, які йому передували. Якщо дивитися поглядом звичайної людини, то такі відомості вкрай важливі для ґрунтового пояснення наукових відкриттів²³¹.

Сантьяго Рамон-і-Кахаль



© Johns Hopkins Medicine

Нейрохірург Бен Карсон, який здобув Президентську медаль миру за новаторства в хірургії, у студентські роки провалював екзамени. Йому навіть радили залишити медицину. Карсон знав, що засвоювати матеріал йому краще через читання підручників, а не за допомогою слухання лекцій. І він зробив нібито нелогічний крок — *перестав* ходити на лекції, щоб мати більше часу на опрацювання підручників. Його оцінки швидко покращилися, а решта — то вже історія. (Пам'ятайте, що цей метод не допоможе кожному: якщо ви скористаєтеся цією історією просто для виправдання себе за пропуски, то ризикуєте накликати біду).

Винахідник і письменник Вільям Камквамба, що народився 1987 року в Африці, не мав можливості відвідувати школу. Він почав навчатися сам: ходив до сільської бібліотеки, де наштотхнувся на книжку *«Використання енергії»*. Камквамба не просто її прочитав. У свої 15 років він використав цю книжку як путівник самоосвітою та збудував власну вітрову електростанцію. Сусіди називали його *«місала»* (божевільний), але завдяки творінням Камквамби в селі з'явилися електрика й вода. Винаходи хлопця започаткували технологічний розвиток Африки на рівні найменших громад²³².

Американська лікарка Кендіс Перт, нейробіолог і фармаколог, здобула блискучу освіту, докторський ступінь із фармакології в Університеті Джона Гопкінса. Але частково джерелом її натхнення й подальшого успіху було щось зовсім інше. Перед самим початком вивчення медицини Кендіс Перт їхала верхи та пошкодила хребет, тож їй довелося провести ціле літо під впливом сильних знеболювальних²³³. Власний досвід переживання болю й дії знеболювальних засобів дав поштовх її науковим дослідженням. Проігнорувавши спроби куратора зупинити її, вона зробила кілька перших важливих відкриттів, пов'язаних з опіоїдними рецепторами, і це стало важливим кроком до розуміння наркотичної залежності.

Відвідувати навчальний заклад — не єдиний спосіб учитися. Дехто з найвпливовіших людей сучасності — Білл Гейтс, Ларрі Еллісон, Майкл Делл, Марк Цукерберг, Джеймс Кемерон, Стів Джобс і Стів Возняк — не завершив своєї освіти. Захоплені інновації створювали й створюватимуть люди, спроможні поєднати найкраще з традиційних і нетрадиційних методів навчання із власними способами самоосвіти. Взяти відповідальність за своє навчання — одна з найважливіших справ у вашому житті. Підходи до навчання, за яких центральною фігурою є вчитель, який нібито має відповіді на всі питання, часом можуть виховувати в студентах відчуття безпорадності²³⁴. Як не дивно,

системи оцінювання викладачів можуть стимулювати таку саму безпомічність, адже дозволяють покласти всю відповідальність за провал студента на викладача, звинуватити його в неспроможності навчити чи мотивувати²³⁵. Надзвичайно ефективними є підходи, орієнтовані на студентів, коли їх заохочують учитися одне від одного, коли студент сам для себе має бути джерелом мотивації.

ЦІННІСТЬ ОСОБЛИВИХ ВИКЛАДАЧІВ

Інколи вам випадатиме нагода попрацювати з особливими викладачами. Якщо матимете такий шанс — не прогайте. Навчіться в прямому сенсі *ковтати* все важливе, змушуйте себе не ховатися на задніх рядах, а ставити питання — звісно, питання суттєві й доречні, а не такі, що демонструють вашу обізнаність. Що частіше ви так робитимете, то легше це вам даватиметься й то більше отримуватимете користі там, де навіть не сподівалися. Одна лише фраза, що ґрунтується на величезному досвіді такого викладача, може змінити ваше майбутнє. Не забувайте також при нагоді висловлювати вдячність людям, які скеровують вас у правильному напрямку, адже для них дуже важливо знати, що їхня допомога має значення.

Але не впадайте в так званий «синдром набридливого студента». Особливо добросердні викладачі часто стають справжнім магнітом для студентів, яких насправді більше цікавить підживлення власного еґо, а не відповіді на питання. Викладач, який старається допомогти, може виснажитися, задовольняючи бажання студентів, які задовольнити неможливо.

Уникайте також спокуси *надмірної впевненості* в тому, що ваша відповідь правильна, не схиляйте викладача йти за вашою логікою, якщо її хибність стає очевидною. Навіть якщо якийсь раз ви все ж доведете свою рацію, пам'ятайте, що для багатьох викладачів (особливо на вищих рівнях математики й природничих наук) йти за хибною заплутаною логікою — це все одно що слухати фальшиве звучання звуків у музиці, тобто важка й невдячна справа. Найкраще почати все спочатку та прислухатися до порад викладача. Коли зрештою знайдете правильну відповідь, можете повернутися й виправити свою попередню помилку. (Часто в таких випадках раптово приходить

усвідомлення того, що ваш попередній підхід був аж до абсурду хибним). Хороші викладачі часто є людьми дуже зайнятими, тому використовуйте їхній час розважливо.

Талановитий викладач спроможний зробити матеріал простішим і ґрунтовнішим, запустити механізми, які спонукають студентів навчатися одне в одного, стимулюють до самоосвіти. Наприклад, Селсо Баталя, знаний викладач фізики з Коледжу Евергрін Веллі, створив популярний серед студентів блог про те, як ефективно навчатися. Багато викладачів застосовують в аудиторії техніки «активного» й «колаборативного» навчання, які дають студентам можливість активно працювати з матеріалом і одне з одним²³⁶.

Один факт не раз дивував мене протягом років. Деякі з найкращих викладачів, яких я зустрічала, розповідали, що в молоді роки були надто сором'язливими, надто скутими перед аудиторією, вони думали, що не мають здібностей для такої професії. Але згодом ті риси, які вони вважали своїми мінусами, дивовижним чином допомогли їм перетворитися на глибоких, вдумливих і креативних викладачів, якими вони стали. Інтроверсія допомогла їм розуміти й відчувати інших, а усвідомлення своїх недоліків у минулому зробило їх терплячими й не дало впасти в ілюзію всезнайства.

ЩЕ ОДНА ПРИЧИНА НАВЧАТИСЯ ЗАРАДИ НАВЧАННЯ — КАВЕРЗНІ ПИТАННЯ НА ТЕСТАХ

Повернімося до традиційного навчального процесу в старших класах школи й коледжах, де певний обсяг додаткових знань може допомогти вам досягти успіху. Відкрию вам одну з таємниць викладачів математики та природничих наук: вони часто беруть завдання для тестів й екзаменів із підручників, яких *немає* в переліку обов'язкової літератури. Зрештою, не так просто щосеместру знаходити нові завдання до того самого курсу. Тому питання на тестах часто мають невеликі відмінності в термінології й підходах, які можуть зруйнувати всю вашу логіку, якщо ви обмежуєтеся лише підручником і лекціями викладача. Усе це може привести до «впевненості», що ви не маєте здібностей до математики і природничих наук, хоча насправді

потрібно було протягом семестру розглядати цей матеріал із різних перспектив.

БЕРЕЖІТЬСЯ «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СНАЙПЕРІВ»

Сантьяго Рамон-і-Кахаль відрізнявся глибоким розумінням не тільки того, як слід здобувати знання, а й способів взаємодії людей між собою. Колег по навчанню він попереджав, що *завжди траплятимуться люди, які критикуватимуть або піддаватимуть сумніву всі ваші зусилля чи досягнення*. Так буває в усіх, не тільки в нобелівських лауреатів. Коли досягаєте успіху в навчанні, певні люди з вашого оточення можуть вбачати в цьому загрозу для себе. Що більшим є ваше досягнення, то активніше такі люди можуть його критикувати та знецінювати.

З іншого боку, якщо ви провалите тест, так само можуть знайтися критики, які закидатимуть, що вам бракує здібностей. Сама собою невдача не є чимось жахливим. Це нагода проаналізувати, що ви зробили неправильно, і скоригувати свій шлях у майбутньому. Невдачі є кращими вчителями, ніж успіхи, адже вони стимулюють до переосмислення своїх підходів.

Деяким «повільнішим» студентам важче даються математика та природничі науки, бо їм не так легко зрозуміти певні поняття, які для інших є очевидними. На жаль, такі студенти часто вважають себе не дуже розумними, але насправді їхній повільніший спосіб мислення може допомогти побачити приховані деталі, яких інші не помічають. Різниця така сама, як між пішим туристом, який відчуває запах хвої й помічає стежки тварин у лісі, та мотоциклістом, який просто промчав на великій швидкості. На жаль, деякі викладачі відчувають певну загрозу від тих нібито простих питань, які ставлять їм «повільніші» студенти. Замість усвідомити проникливість певних питань, педагог може реагувати різко, даючи відповіді на зразок: «Просто дій, як тобі кажуть, як роблять усі інші». Від такої відповіді студент почувається дурником, це ще більше знижує його самооцінку. (Пам'ятайте, що викладачі часом не можуть розрізнити, чи ви вдумуєтеся в глибини матеріалу, чи, навпаки, не спроможні зрозуміти елементарне. Із чимось схожим була пов'язана моя агресивна поведінка в школі).

У будь-якому разі, якщо ловите себе на «нерозумінні очевидного», не варто зневірюватися. Пошукайте допомоги серед друзів чи в інтернеті. Можна знайти іншого викладача, про якого поширюють хороші відгуки, що веде такий самий курс. Досвідчені педагоги часто розуміють такий психологічний стан студента й готові йому допомогти (якщо ви, звісно, не зловживатимете їхньою добротою). Нагадуйте собі, що така ситуація є тимчасовою, а ці обставини зовсім не такі катастрофічні, як можуть здаватися на перший погляд.

Увійшовши до світу професійної діяльності, ви дізнаєтеся, що люди, дбаючи про вас, насправді часто більше зацікавлені в утвердженні власних ідей і створенні хорошого іміджу, ніж у самій допомозі. У таких ситуаціях найкраще тримати лінію відкритості до конструктивних пояснень і критичних зауважень і відмежовуватися від коментарів чи критики, які подаються як нібито конструктивні, але насправді є злосливими. Хоч би якою була критика, якщо ви маєте сильне й емоційне відчуття впевненості («Але ж я маю рацію!»), це може свідчити про те, що правда таки на вашому боці. Або ж навпаки: якщо ваші емоції аж надто хаотичні, краще повернутися трохи назад й об'єктивніше подивитися на речі.

Нам часто кажуть, що співчуття й допомога — це завжди добре, але насправді не завжди²³⁷. Важливо навчитися у відповідних ситуаціях переходити до стану холодної безсторонності, яка допоможе вам не тільки зосередитися на предметі вивчення, а й дистанціюватися від певних людей (якщо, за спостереженнями, вони зацікавлені нашкодити вам). Така поведінка є дуже поширеною, адже люди часто не менше конкурують між собою, ніж співпрацюють. Якщо ви молода людина, навчитися холодної безсторонності може бути нелегко. Ми цілком природно захоплюємося тим, що робимо, і нам хочеться вірити, боцімто інші теж, що майже всі навколо позитивно до нас налаштовані.

Як і Кахаль, ви можете з гідністю йти до успіху *попри* твердження певних людей, що вам це не вдасться. **Умійте цінувати себе такими, яким ви є, особливо за ті риси, які роблять вас «іншими», і використовуйте ці особливості як таємний талісман на шляху до успіху.** Скористайтеся своєю природною впертістю, щоб боротися із

завжди наявними упередженнями інших людей щодо ваших можливостей.

ВАША СПРОБА!

Цінність того, що вважається «поганим»

Візьміть якусь зі своїх нібито поганих рис і подумайте, як її можна обернути собі на користь у креативному й незалежному мисленні чи навчанні. Чи бачите ви спосіб обмежити негативні аспекти цієї риси й підсилити позитивні?

Підсумовуємо прочитане

Навчання заради навчання є одним із найглибших і найефективніших підходів до освітнього процесу, який підвищує здатність незалежно мислити й допомагає впоратися з нестандартними завданнями, які часом трапляються на тестах.

- У навчанні наполегливість часто важливіша, ніж інтелект.
- Привчайте себе до того, щоб при нагоді йти на контакт з людьми, якими захоплюєтеся. Так ви зможете почерпнути знань від тих, хто часом однією лише фразою може змінити напрямок вашого руху в майбутнє. Але не зловживайте увагою і часом своїх викладачів.
- Якщо ви не надто швидко схоплюєте навчальний матеріал, не падайте духом. На диво, часто «повільніші» студенти звертають увагу на питання фундаментальної важливості, у той час як «швидші» цього не помічають. Коли ви нарешті в усьому розберетеся, імовірно, розумітимете матеріал на глибшому рівні.
- Люди не менше конкурують між собою, ніж співпрацюють. Завжди траплятимуться ті, хто критикуватиме або применшуватиме всі ваші досягнення. Навчіться підходити до таких ситуацій із холодною безсторонністю.

Робимо паузу та пригадуємо

Закрийте книжку й відведіть від неї погляд. Які були основні ідеї цього розділу? Яка є найважливішою? Чи, може, кілька думок видаються вам однаково вагомими?

Закріплюємо знання

1. Які переваги й недоліки в навчанні власними силами, без стандартної навчальної програми?
2. Перегляньте у Вікіпедії перелік самоуків. Із кого вам хотілося б узяти приклад? Чому?

3. Оберіть зі своїх знайомих (тобто не зі знаменитостей) людину, якою ви захоплюєтеся, але з якою ніколи по-справжньому не розмовляли. Придумайте план, як із цією особою привітатися й познайомитися, а потім цей план реалізуйте.

Науковий оглядач New York Times Ніколас Вейд про незалежне мислення

© Nicholas Wade



Ніколас Вейд, який завжди відрізнявся незалежним способом мислення, вважає, що успадкував незалежне мислення від діда — одного з небагатьох, кому вдалося врятуватися із затонулого «Титаніка». Тимчасом як більшість чоловіків прислухалася до чуток і рухалася до лівого борту, дід Ніколаса Вейда покладався на свою інтуїцію та йшов у протилежному напрямку — до правого борту. Ніколас описує, які книжки про науковців є, на його думку, найцікавішими.

«“Людина, яка пізнала нескінченність” (The Man Who Knew Infinity: A Life of the Genius Ramanujan) Роберта Каніґеля. Ця книжка розповідає неймовірну й інтелектуально багату історію індійського математичного генія Срініваса Рамануджана та його друга — британського математика Годфрі Гарольда Гарді. Ось мій улюблений епізод:

“Одного разу Гарді їхав у лондонському таксі й звернув увагу на його номер 1729. Математик, мабуть, якийсь час думав про це, бо коли увійшов до кімнати, у якій лежав Рамануджан, то, ледве привітавшись, зауважив, що “число доволі нецікаве” й він сподівається, що це не був поганий знак.

“Ні, Гарді, — сказав Рамануджан, — число навпаки дуже цікаве. Це найменше число, яке можна виразити як суму двох кубів у різні способи”.

“Шляхетні дикуни” (Noble Savages) Наполеона Шаньйона. Ця чудово написана пригодницька історія розповідає, як це — навчитися виживати й досягти успіху в геті чужій культурі. Первинною освітою Шаньйона була інженерна. Його наукові дослідження змінили уявлення людства про те, як розвиваються культури.

“Математики” (Men of Mathematics) Еріка Темпла Белла. Ця книжка є класикою для читачів, які цікавляться людьми, що мають унікальний спосіб мислення. Як можна забути блискучого Евариста Ґалуа, який в останню ніч — знаючи, що помре, — “гарячково записував свою останню волю й заповіт у змаганні із часом, щоб позбирати хоч щось із безлічі цікавих ідей у власній голові, перш ніж його забере смерть, яку він передбачив”. Час від часу він переривав працю, щоб нерозбірливим почерком написати на берегах: “У мене мало часу, у

мене мало часу” — і перейти до наступного хаотичного запису”.
Чесно кажучи, це одна з тих небагатьох чудових історій, де професор Белл, можливо, перебільшив (хоча Ґалуа і справді провів останній вечір за остаточним шліфуванням праці свого життя). Але, хоч би як там було, ця фантастична книжка надихала згодом цілі покоління».

229 Colvin 2008; Coyle 2009; Gladwell 2008.

230 Deslauriers et al. 2011; Felder et al. 1998; Hake 1998; Mitra et al. 2005; President’s Council of Advisors on Science and Technology, 2012.

231 Ramón y Cajal 1999 [1897].

232 Kamkwamba and Mealer 2009.

233 Pert 1997, p. 33.

234 McCord 1978. Див. у Armstrong 2012 широку дискусію щодо цього дослідження і схожих. Ману Капур і Кетрін Беячиц (2012) указують: якщо викладачі не так інтенсивно опікатимуть студентів, ефективність навчання зросте, що, на перший погляд, суперечить інтуїції.

235 Oakley et al. 2003.

236 Див. Armstrong 2012 і відповідні посилання.

237 Oakley 2013.

16. ЯК УНИКАТИ НАДМІРНОЇ САМОВПЕВНЕНOSTІ

ВАЖЛИВІСТЬ КОМАНДНОЇ РОБОТИ

Фреда спіткала біда. Він не міг поворушити лівою рукою. У цьому не було нічого дивного, бо місяць тому, співаючи під душем, чоловік пережив ішемічний інсульт правої півкулі мозку, який ледве не призвів до смерті. Права півкуля мозку керує лівою частиною тіла, тому ліва рука Фреда була як нежива.

Але справжня проблема чоловіка була ще складнішою. Неспроможний поворушити лівою рукою, він наполягав на тому, що це не так (*і справді в це вірив*). Інколи брак руху Фред пояснював тим, що надто втомлений, навіть щоб поворухнути пальцем. Або ж стверджував, що його ліва рука справді *рухалася*. Просто ніхто цього не помітив. Фред міг навіть потай пересунути ліву руку правою та голосно всім повідомити, що ліва рука рухалася сама.

На щастя, із часом ліва рука чоловіка поступово відновлювалася. Фред весело розмовляв із лікарем про те, як певний час після інсульту дурих самого себе, ніби не може поворухнути рукою. Він уже невдовзі збирався повернутися до своєї роботи бухгалтера.

Та насправді Фред навряд чи зможе так просто повернутися до власних обов'язків. Раніше він був турботливим і розважливим, але новий Фред став категоричним і самовпевненим.

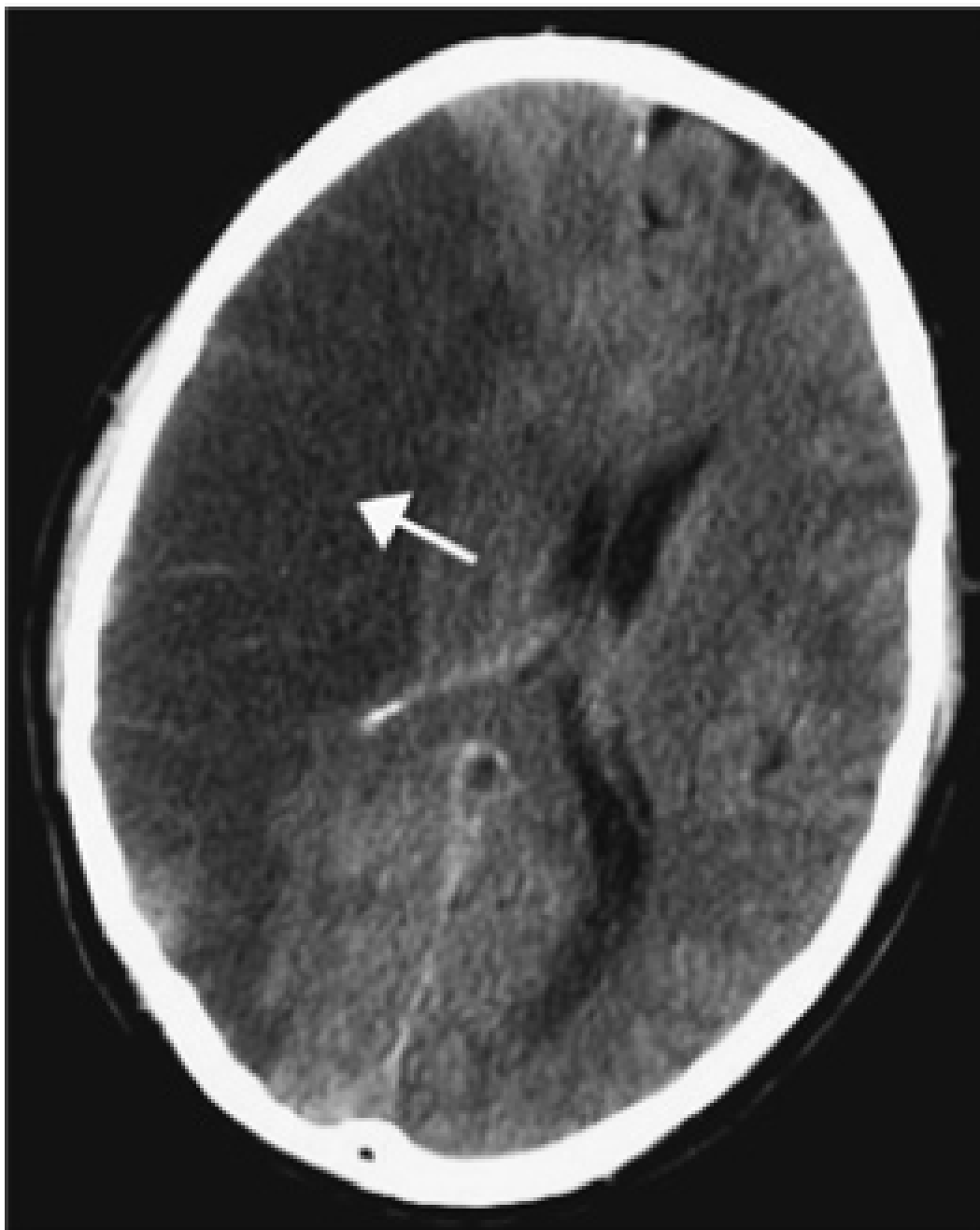
Були й інші зміни. Раніше чоловік умів дотепно жартувати, але тепер він просто кивав, не розуміючи сенсу анекдотів інших людей. Також десь поділися інвестиційні навички Фреда, а його обережність перетворилася на наївний оптимізм і сліпу віру.

Навіть більше — чоловік ставав беземоційним. Він спробував продати машину своєї дружини, не спитавши у неї дозволу, а потім дивувався, чому вона засмутилася. Коли помер їхній старий пес, якого вони всі любили, Фред преспокійно сидів і жував попкорн, дивлячись на плач дружини й дітей, ніби в кіно.

Ці зміни було особливо складно зрозуміти, тому що Фред, здавалося, зберіг інтелект — і навіть свої сильні навички роботи із числами. Він

міг так само швидко скласти звіт про прибутки й видатки, умів робити складні математичні обчислення. Але була одна цікава аномалія: коли Фред припускався помилки в розрахунках із цілком абсурдним результатом (наприклад, кіоск для продажу хот-догів спричинив збитки на рівні мільярда доларів), йому такий показник не здавався дивним. Чоловікові бракувало повного охоплення реальності, відчуття, яке підказало б: «Слухай, але ж це повна нісенітниця».

Виявилося, що Фред став типовою жертвою порушення широкоперспективного сприйняття, пов'язаного з правою півкулею мозку²³⁸. Інсульт ушкодив значну частину правої півкулі. Вона все ще функціонувала, але тільки частково.



en.wikipedia.org/wiki/File:MCA_Territory_Infarct.svg

На цьому знімку комп'ютерної томографії стрілка вказує на темніший колір зони, пошкодженої ішемічним інсультом правої півкулі мозку.

Звісно, із припущеннями щодо функціональності й ушкоджень лівої чи правої півкулі треба бути обережними. Але ми не відкидатимемо зерно істини й не ігноруватимемо варті уваги дослідження, які дають

важливі знання про відмінності між двома півкулями²³⁹. Приклад Фреда нагадує про небезпечність ситуацій, коли не використовуються всі когнітивні можливості мозку, пов'язані з його різними зонами. Якщо людина не застосовує деякі свої здібності, наслідки будуть менш страшними, ніж у Фреда. Але брак навіть невеликої кількості потенційних здібностей може мати негативний вплив на нашу працю.

УНИКАЙТЕ НАДМІРНОЇ ВПЕВНЕНОСТІ В СОБІ

Результати багатьох досліджень підтверджують те, що права півкуля мозку допомагає нам зробити крок назад і поглянути на свою роботу із широкої перспективи²⁴⁰. Люди з ушкодженою правою півкулею часто нездатні до «осяянь». Саме тому Фред не міг уловити сенс жартів. Права півкуля дуже важлива, бо допомагає людині бути адекватною і не відриватися від реальності²⁴¹.

У певному сенсі можна сказати, що **коли ви швидко виконуєте домашнє або тестове завдання й не повертаєтеся, щоб перевірити свою роботу, то нагадуєте людину, яка самотійно відмовляється від роботи певних частин мозку**. Ви не робите паузу, щоб уявно перевести подих і повернутися до зробленого ще раз, подивившись на все із ширшої перспективи і пересвідчившись, що ваша робота не позбавлена сенсу²⁴². Як зауважив відомий нейробіолог Вілеянур Рамачандран, права півкуля мозку виконує своєрідну роль «“адвоката диявола”, який ставить усе під сумнів і вишукує принципові протиріччя», тимчасом як «ліва півкуля завжди намагається триматися звичного стану речей»²⁴³. Ці слова перегукуються з новаторською працею психолога Майкла Газзаніги, який стверджує, що ліва півкуля інтерпретує для нас світ, а потім за всяку ціну намагається тримати свої інтерпретації незмінними²⁴⁴.

Працюючи у сфокусованому режимі, людина може часто робити невеликі помилки у своїх припущеннях і обчисленнях. Якщо на початкових етапах зійти з правильного шляху, то не має значення, чи далі хід ваших думок був правильний, — остаточний результат усе одно буде хибним. Часом він може бути до абсурду хибний — наприклад, що земний екватор має довжину лише два метри. Але вам

байдуже, що в цьому немає сенсу, тому що зосереджений режим більше пов'язаний із лівою півкулею, яка воліє триматися того, як є.

Такою є специфіка сфокусованого способу мислення, що ґрунтується переважно на роботі лівої півкулі. Він придатний для активного аналітичного підходу. Але чимала кількість досліджень підтверджує те, що він дає простір для жорсткої, догматичної й егоцентричної поведінки.

Якщо ви на 100 % упевнені, що правильно виконали домашнє завдання чи тест, пам'ятайте: це відчуття може ґрунтуватися на надмірній упевненості, до якої вас схиляє перспектива лівої півкулі. Зробіть крок назад і перевірте себе: так ви дасте обом півкулям можливість більше співпрацювати й використаєте переваги й можливості кожної.

Люди, які не люблять математики, часто потрапляють до пастки «ідеальних шаблонів». Вони щосили намагаються знайти в підручниках чи на лекціях готові схеми на всі випадки життя, а свої розв'язання допасувати до цих схем. Успішні студенти й учні перевіряють свою роботу на логічність і змістовність. Вони запитують себе: що стоїть за цими формулами й рівняннями та звідки вони взяті?

Головне — це не дурити самого себе. А ви якраз і є тією особою, яку вам найлегше обдурити²⁴⁵.

Фізик Річард Фейнман про те, як уникати псевдонауки й імітації навчання

«МОЗКОВІ АТАКИ» І ЇХНЯ ЦІННІСТЬ

Під час Другої світової Нільс Бор активно працював у «Мангеттенському проекті» — програмі Сполучених Штатів, метою якої було розробити ядерну зброю раніше за нацистів. Він також був одним із найвидатніших фізиків в історії — і це перешкоджало йому думати про фізику об'єктивно.

Бора настільки шанували як генія, який створив квантову теорію, що його думки вважалися незаперечними. Через це він не міг брати участь у мозкових штурмах з іншими. Бор міг би запропонувати навіть якусь повну нісенітницю, та інші фізики, що працювали над бомбою, все одно зустріли б його ідею вигуками «Ох!» і «Ах!» — ніби це вже беззаперечна істина.

Бор відреагував на цю обставину в оригінальний спосіб.

Річард Фейнман, як з'ясувалося, відрізнявся відсутністю страху перед іншими людьми, тобто вмів займатися суто фізикою незалежно від того, із ким йому доводилося працювати. Він став для Бора «тузом у рукаві». На той час Фейнман був лише молодим фізиком серед сотень відомих фізиків у Лос-Аламосі. Але саме його Бор обрав для спільних мозкових штурмів перед тим, як зустрітися з іншими. Чому? Бо Фейнман єдиний не боявся його, тож якщо певні ідеї Бора були абсурдними, наважувався відверто про це сказати²⁴⁶.

Paul Ehrenfest, en.wikipedia.org/wiki/File:Niels_Bohr_Albert_Einstein_by_Ehrenfest.jpg



Нільс Бор та Альберт Ейнштейн
відпочивають, 1925 рік.

Бор добре знав, що мозкові штурми з іншими людьми — якщо вони, звісно, обізнані з предметом розмови — можуть бути дуже корисними. Інколи наших інтелектуальних можливостей — обох півкуль мозку і різних режимів мислення — просто недостатньо для аналізу власної роботи. Зрештою, у кожного є свої «білі плями». Ваше сфокусоване мислення в стані наївного піднесення може легко не помітити помилок — особливо якщо цих помилок припустилися *саме ви*²⁴⁷. Ба більше, часом вам може здаватися, що повністю опанували тему, але насправді це може бути зовсім не так. (Наслідки такої самовпевненості можуть вас шокувати — якщо ви, наприклад, провалюєте тест до теми, у якій уважали себе асом).

Візьміть за звичку присвячувати трохи часу навчанню разом із друзями, тоді вам легше буде відчутти, коли ваше мислення обрало хибний шлях. Друзі чи однокурсники можуть відіграти роль чогось на зразок розпорошеного режиму мислення, який вічно ставить усе під сумнів і ширше дивиться на все, до того ж перебуває ніби поза вашим мозком і може помітити те, чого не бачите ви. Крім того, як уже зазначалося, коли ми пояснюємо щось іншим, поглиблюємо наше розуміння того самого матеріалу.

Працювати з іншими людьми важливо не тільки в контексті розв'язування задач, а й в аспекті побудови кар'єри. Ремарка якогось знайомого про ду-у-же цікавий курс надзвичайно цікавого викладача або ж підказка про якусь нову вакансію може привести до того, що ваше життя складеться зовсім інакше. Одна з найцитованіших статей із соціології — «Сила слабких зв'язків» Марка Грановеттера — описує, як кількість знайомств із різними людьми (*не* кількість ваших хороших друзів) визначає ваш доступ до найактуальніших ідей, а також загалом ваш успіх на ринку праці²⁴⁸. Зрештою, ваші друзі крутяться в тих самих соціальних колах, що й ви. Але просто знайомі — наприклад, однокурсники — часто походять із дуже різних кіл, а тому ваш доступ до міжособистісного розпорошеного режиму за межами звичних вам контекстів блискавично розширюється.

Ті, із ким ви спільно навчаєтеся, принаймні час від часу мають бути налаштовані критично (аж до певної агресивності). Дослідження командної роботи показали, що співпраця в режимі взаємної згоди,

без оцінних суджень, *менш продуктивна*, ніж тоді, коли критичний підхід сприймається нормально чи навіть вважається одним із правил гри²⁴⁹. Якщо хтось із товаришів уважає, що хід вашого мислення неправильний, важливо відверто це сказати, викласти свої аргументи, чому саме це неправильно, не турбуючись про те, чи ви не образитеся. Звісно, йдеться не про те, щоб без потреби чіплятися до інших, але занадто велике вболівання за «вільне від критики середовище» справді вбиває здатність думати конструктивно та творчо, бо ви зосереджуєтеся не на самій суті справи, а на людині, яка є носієм певних ідей. Варто пам'ятати (як у випадку з Фейнманом), що критика, адресатом або джерелом якої ви є, стосується не так вас особисто, як теми розмови. Люди часто не розуміють, що конкуренція буває дуже корисною: конкуренція є інтенсивною формою співпраці, яка може спонукати людей до найкращих результатів.

Мозкові штурми із друзями чи хорошими знайомими можуть допомогти вам в інший спосіб. Часто в такому товаристві ви не дуже переймаєтеся тим, щоб не виглядати тупим. Але вам усе ж не хочеться виглядати *занадто* дурним, принаймні в більшості випадків. Навчання разом з іншими можна певною мірою розглядати як виступ перед аудиторією. Результати досліджень показують, що така публічна практика допомагає вам почуватися впевненіше й належно реагувати на стресові ситуації на зразок екзамену чи доповіді²⁵⁰. Є ще один аргумент на користь колективного навчання: ситуації, коли надійні джерела все ж помиляються. Викладачі чи автори підручників — хоч би якого високого рівня вони були — неминуче інколи припускаються помилок. Колективна робота допоможе викрити такі невідповідності й заощадити години хибних умовиводів, якщо ви все ж намагаєтеся знайти пояснення того, що є в принципі неправильним.

Але будьте обережні: хоч колективне навчання й може бути дуже ефективним засобом в опануванні математики, природничих та інженерних наук, але якщо такі зустрічі перетворюються на просто нагоди весело провести час, ефекту від них ви не дочекаєтеся. Намагайтеся зводити до мінімуму звичайні теребені, підтримуйте робочий настрій, орієнтуйтеся на результат²⁵¹. Якщо помічаєте, що зустрічі починаються із 15-хвилинним запізненням, учасники не озна-

йомилися з матеріалом, а розмова постійно переходить на інші теми — знайдіть іншу групу.

КОМАНДНА РОБОТА ДЛЯ ІНТРОВЕРТІВ

Я інтроверт, тому не люблю працювати з іншими людьми. Але у 1980-х, коли мої успіхи на інженерному факультеті коледжу були не найкращими, я вирішив, що мені потрібна людина, із якою можна звіритися (хоч працювати разом із кимось мені так само не хотілося). У ті часи не було чатів у соціальних мережах, тому ми залишали одне одному записки на дверях кімнат. Ми з однокурсником Джефом вигадали систему. Наприклад, я пишу: «1) 1,7 м/с», тобто відповідь у першому завданні — 1,7 м/с. Потім повертаюся з душою й бачу, що Джеф відповів: «Ні, 1) 11 м/с». Я перевіряю своє розв'язання та знаходжу помилку, але тепер у мене виходить 8,45 м/с. Тоді я йду до Джефа й ми разом активно обговорюємо наші варіанти розв'язання, хоч тим часом у нього через плече перекинутий ремінь гітари. Потім кожен із нас повертається до своїх справ, кожен розв'язує завдання ще раз. Раптом я отримую відповідь 9,37 м/с — і так само виходить у Джефа. Унаслідок цього нам обом зараховують 100 % домашнього завдання. Як бачите, для співпраці з іншими людьми завжди існують способи, які вимагають мінімального контакту й цілком прийнятні для тих, хто не любить групової роботи.

*Пол Бловєрс, викладач, відзначений нагородою за нестандартні методи навчання,
Університет Аризони*

Підсумовуємо прочитане

- У сфокусованому режимі навчання людина може припускатися суттєвих помилок — навіть якщо вона переконана, що зробила все правильно. Перевірка власної роботи допомагає поглянути ширше, оскільки ґрунтується на дещо інших нейронних процесах, які допомагають такі хиби виявити.
- ° Навчання з людьми, які не бояться не погоджуватися з вами, може допомогти вам знайти помилки у своїй логіці / здобути впевненість у собі й здатність відповідно реагувати на стресові ситуації / поглибити розуміння матеріалу через пояснення його іншими, відповідно закріпити свої знання / вибудувати контакти з людьми,

важливі для вашої подальшої кар'єри / побачити різні можливості в різних життєвих ситуаціях.

- Критику під час групової роботи — не має значення, джерелом чи адресатом ви є, — слід сприймати не як спрямовану на конкретну особу, а як засіб краще зрозуміти суть справи.
- З усіх людей навколо найлегше обдурити самого себе.

Робимо паузу та пригадуємо

Закрийте книжку й відведіть від неї погляд. Які були основні ідеї цього розділу?

Спробуйте згадати про це, коли перебуватимете в колі друзів: товаришам це також допоможе зрозуміти, наскільки важливою для них є спільна робота з вами.

Закріплюємо знання

1. Наведіть приклад ситуації, коли ви були на 100 % у чомусь впевнені, а потім це все ж виявилось хибним. Чи після того й інших схожих випадків ви відчували, що стали схильніші сприймати критику своїх думок з боку інших?
2. Як можна зробити ефективнішим групове навчання?
3. Що ви зробили б, перебуваючи в групі однокурсників, які відволікаються замість займатися навчанням?

Думки про навчання викладача фізики Бреда Рота, члена Американського фізичного товариства, співавтора підручника «Фізика в медицині й біології» (INTERMEDIATE PHYSICS FOR MEDICINE AND BIOLOGY)

© Yang Xia, courtesy Brad Roth



Бред Рот зі своїм собакою Сукі насолюджується барвами осені в Мічигані.

«На заняттях зі студентами я завжди підкреслюю, що перш ніж рахувати, треба добре подумати. Ненавиджу підхід типу “абияк, тільки швидко”, притаманний багатьом. Постійно нагадую студентам, що формули — це не просто вирази, у які ми підставляємо числа, щоб отримати інші числа. Формули розповідають нам історію про те, як улаштований фізичний світ. Для мене зрозуміти формулу у фізиці — це передусім зрозуміти історію,

яку вона розкажує. Збагнути суть формули — це важливіше, ніж підставити в неї правильні числа й отримати правильний результат. Пропоную ще декілька порад.

1

- . Самоперевірка під час розв'язання не займає багато часу. Натомість буде шкода, якщо ви 20 хвилин розв'язуватимете задачу й отримаєте хибну відповідь, бо полінувалися себе перевіряти.

2

- . Дружіть з одиницями вимірювання. Якщо в лівій і правій частинах рівняння різні одиниці — рівняння неправильне. Не можна додавати щось, виражене в секундах, до чогось, вираженого в метрах. Це так само не має сенсу, як додавати яблука до каменів. Якщо ви переглядаєте своє розв'язання та знаходите місце, де одиниці починають не сходитися, імовірно, саме там ви виявите помилку. Мені доводилося перевіряти результати досліджень, подані до публікації у спеціалізованих журналах, які теж містили схожі помилки з одиницями.

3

- . Думайте про те, який сенс має формула, чи результати математичних обчислень відповідають вашим інтуїтивним відчуттям. Якщо не відповідають, тоді або ви зробили помилку в обчисленнях, або ж хибить ваша інтуїція. У будь-якому разі з'ясувати, чому обчислення не відповідають інтуїції, завжди корисно.

4

- . Порада для досвідченіших: у складних обчисленнях спробуйте підставляти граничні значення певної змінної — нуль або нескінченність. Можливо, це допоможе зрозуміти, що ця формула хоче вам сказати».

²³⁸ Schutz 2005. «Фред» є гіпотетичним поєднанням типових ознак порушення широкоперспективного сприйняття, пов'язаного з правою півкулею.

²³⁹ McGilchrist 2010 подає докладний опис функціональних відмінностей між двома півкулями мозку; в Efron 1990 описано проблеми в дослідженнях півкуль мозку. Див. також Nielsen et al. 2013; доктор Джеф Андерсон, який брав участь у дослідженні, зазначає: «Можна з упевненістю стверджувати, що певні функції мозку виконуються в тій або тій півкулі. Функції мови переважно бере на себе ліва півкуля, увага більше зосереджена в правій. Але

люди не схильні мати “лівосторонній” чи “правосторонній” мозок. Як виглядає, це зумовлюють переважно самі нейронні зв’язки» (University of Utah Health Care Office of Public Affairs 2013).

240 McGilchrist 2010, p. 192–194, 203.

241 Houdé and Tzourio-Mazoyer 2003. У Houdé 2002, p. 341 зазначено: «Отримані зображення мозку показують у людей, здорових з погляду нейробіології, пряму участь правої венстромедіальної префронтальної зони у процесах логічної свідомості, які спрямовують розум “у логічне русло”, де він може застосовувати інструменти дедукції... Отже, права венстромедіальна префронтальна зона може бути емоційним компонентом мозкової системи, пов’язаної з виправленням помилок. Якщо точніше, ця зона може бути пов’язана із системою, що визначає умови, за яких існує імовірність виникнення логічних помилок».

242 Див. у Стівена Крайстмана і співавторів (2008, с. 403), які зазначають: «Ліва півкуля мозку охоплює наші переконання, тоді як права півкуля оцінює адекватність цих переконань та актуалізує їх у разі потреби. Отже, оцінювання переконань залежить від взаємодії між півкулями».

243 Ramachandran 1999, p. 136.

244 Gazzaniga 2000; Gazzaniga et al. 1996.

245 Feynman 1985, p. 341. Уперше згадується в промові на церемонії, присвяченій початку навчального року в Каліфорнійському технологічному інституті (1974).

246 Feynman 1985, p. 132–133.

247 Алан Беддлі й співавтори (2009, с. 148–149) зазначають: «Ми майстерно вигадуємо способи захистити себе від того, що підважує нашу самооцінку. Ми охоче приймаємо похвалу, але схильні скептично ставитися до критики, часто списуючи все на упереджене ставлення. Ми любимо пишатися успіхами, коли вони є, але заперечуємо нашу відповідальність за невдачі. Якщо ця стратегія не працює, ми все одно намагаємося вибірково забувати провали, але пам’ятати успіхи й визнання».

248 Granovetter 1983; Granovetter 1973.

249 Ellis et al. 2003.

250 Beilock 2010, p. 34.

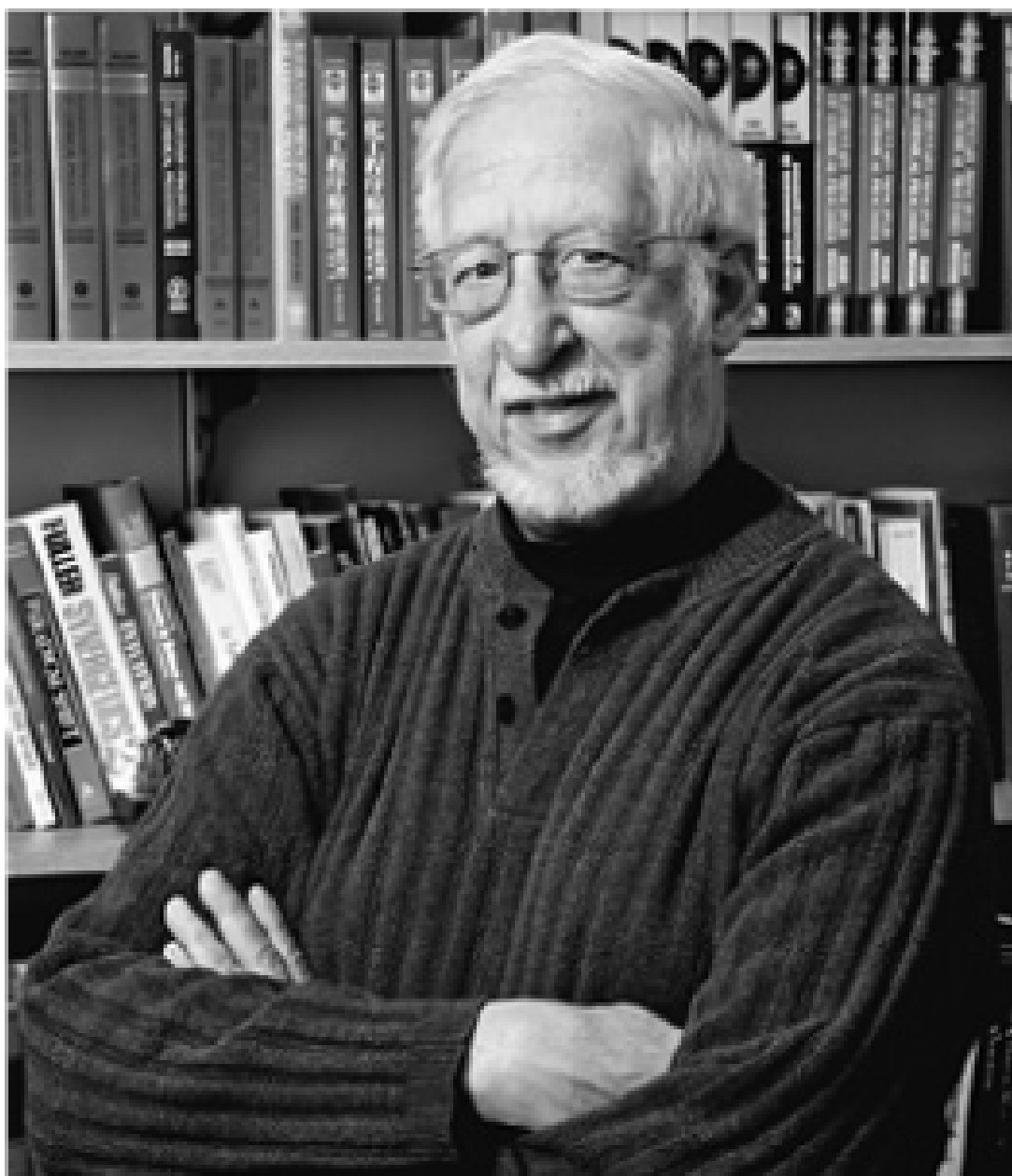
251 Arum and Roksa 2010, p. 120.

17. ТЕСТУВАННЯ

Ми вже згадували про це раніше, але варто повторити ще раз, до того ж подавши жирним накресленням: **тести й екзамени — дуже потужний навчальний досвід**. Це означає, що надзвичайно важливими є зусилля, покладені на підготовку до них, включно із самотестами для пригадування матеріалу й тренуванням навичок розв'язування. Якби можна було порівняти, скільки ви навчитеся за годину роботи з підручником і за годину тестів до того ж матеріалу, ви побачили б, що результативнішою була би все ж година тестів. Останні є надзвичайно ефективним способом концентрації мислення.

Майже все, що ми обговорювали в цій книжці, було створене для того, щоб зробити процес тестування простішим і природнішим, як додаток до звичайних процесів вивчення матеріалу. Тепер настав час безпосередньо обговорити одну із центральних тем цього розділу й цілої книжки — як перевірити, чи ваша підготовка до тесту була ефективною.

КОНТРОЛЬНИЙ ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ



© Richard M. Felder

Професор Річард Фелдер — легенда інженерної освіти. Він, імовірно, зробив більше, ніж будь-який інший освітній діяч цього століття, щоб допомогти студентам успішно опановувати математику та природничі науки²⁵². Одну з найпростіших і, можливо, найефективніших методик, яку професор Фелдер застосовував зі

студентами, він виклав у пам'ятці для студентів, розчарованих оцінками тестів²⁵³.

«Багато студентів кажуть викладачеві, що засвоїли матеріал курсу значно краще, ніж це показала оцінка за тест. Дехто запитує, що зробити, щоб така невдача не спіткала його на наступному тесті. Поставлю вам декілька запитань щодо того, як ви готувалися до тесту. Дайте на них максимально чесні відповіді. Якщо на більшість запитань ваша відповідь буде "Ні" — у низькій оцінці за тест немає нічого дивного. Якщо після наступного випробування серед відповідей на ці питання знову буде багато "Ні" — низький результат ще ймовірніший. Якщо на більшість питань ви відповіли "Так", але ваша оцінка все ж низька — причина в чомусь іншому. Можливо, варто зустрітися з викладачем чи консультантом і спробувати спільними зусиллями знайти цю причину. Як ви побачите, у більшості запитань закладено вашу співпрацю з однокурсниками під час виконання домашніх завдань — чи то звіряння результатів індивідуальної роботи, чи то зустрічі для спільного розв'язування. Кожен підхід дієвий. Справді, якщо ви займалися лише самотійно й ваші оцінки занижкі, дуже рекомендую знайти одного чи двох партнерів для спільного навчання й виконання домашніх завдань і попрацювати з ними перед наступним тестом. (Але будьте обережні: якщо ви тільки підглядаєте, як завдання розв'язують інші, від такої спільної роботи буде більше шкоди, ніж користі). Як готуватися до тесту? Відповісти можна буде тоді, коли ви дасте відповіді на запитання з переліку. Загальна рекомендація: **зробіть усе від вас залежне, щоб на більшість запитань ви могли відповісти ствердно.**

Контрольний перелік запитань

Відповідайте "Так", тільки якщо ви *зазвичай* робите те, що написано в запитанні (не *інколи* або *ніколи*).

Домашні завдання

1

- . Чи докладали ви серйозних зусиль, щоб зрозуміти текст завдання?
(Пошуки схожих прикладів серед готових зразків розв'язань не

рахуються).

Так ____ Ні ____

2

- . Чи працювали ви над домашніми завданнями разом з однокурсниками або чи принаймні звіряли з ними відповіді?

Так ____ Ні ____

3

- . Чи намагалися ви в загальних рисах обдумати способи розв'язання всіх домашніх завдань ще перед зустріччю з однокурсниками?

Так ____ Ні ____

Підготовка до тесту

Що більше відповідей "Так" ви зазначите, то кращою була ваша підготовка до тесту. Якщо на два чи більше запитань ви відповіли "Ні", серйозно задумайтесь над тим, як змінити свої методи підготовки до тестів.

4

- . Чи брали ви активну участь у групових обговореннях домашніх завдань (подавали ідеї, ставили запитання)?

Так ____ Ні ____

5

- . Зіткнувшись із труднощами в опануванні матеріалу, чи консультувалися ви з викладачем або асистентами?

Так ____ Ні ____

6

- . Чи розуміли ви розв'язання *всіх* домашніх завдань після їх завершення?

Так ____ Ні ____

7

- . Чи просили викладача під час занять пояснити вам розв'язання завдань, які були незрозумілими?

Так ____ Ні ____

8

- . Якщо ви маєте до цього курсу посібник із розв'язування — чи переглянули його уважно перед тестом? Чи пересвідчилися, що

можете виконати всі вправи з нього?

Так ____ Ні ____

9

. Чи намагалися загалом окреслити спосіб розв'язування багатьох задач ще перед початком математичних обчислень?

Так ____ Ні ____

1

0

. Чи переглядали ви посібник із розв'язування разом з однокурсниками, перевіряючи одне одного?

Так ____ Ні ____

1

1

. Якщо перед тестом було підсумкове заняття, чи були на ньому та чи ставили запитання стосовно того, що не повністю зрозуміли?

Так ____ Ні ____

1

2

. Чи добре висипалися в останні ночі перед тестом? (Якщо ні, то відповіді на питання 1–11, можливо, не матимуть значення).

Так ____ Ні ____

Підсумок

Так ____ Ні ____»

ТЕХНІКА «ПОЧИНАЙ ЗІ СКЛАДНОГО — ПЕРЕСТРИБУЙ НА ПРОСТЕ»

Класичний метод складання тестів, якого часто вчать студентів, — починати з найпростіших завдань. Він ґрунтується на припущенні, що коли ви розв'яжете відносно прості задачі, будете спроможні легше впоратися зі складнішими.

Такий підхід спрацьовує для певних людей — але переважно тому, що будь-який метод придатний для *певних* людей. Для більшості він усе ж непродуктивний. Складні завдання часто займають багато часу, тому доцільно починати з них. Складні завдання також пробуджують

творчу енергію розпорошеного режиму мислення. Але щоб скористатися розсіяним мисленням, потрібно *не* концентруватися щосили на завданні!

Що ж робити? Розв'язувати спочатку прості завдання? Чи складні?

Відповідь така: починайте зі складних, але швидко перестрибуйте до простих. Поясню, що я маю на увазі.

Коли ви отримаєте завдання тесту, швидко перегляньте їх, щоб скласти загальне враження. (Робіть так завжди). Знайдіть вправу, яка видається вам найскладнішою.

Потім почніть розв'язувати найскладніше завдання. Але привчіть себе переходити до інших питань протягом однієї-двох хвилин після того, як з'явиться відчуття глухого кута або хибного шляху.

Так ви зробите одну надзвичайно корисну штуку. «Важкий початок» завантажує до свідомості найскладніше завдання, а потім ми перемикаємо увагу на щось інше. *Обидві дії допомагають розпорошеному режиму мислення почати працювати.*

Якщо робота над найскладнішим завданням вибила вас із колії — перейдіть до простіших, виконайте їх якнайбільше. Потім візьміться за інше складне питання та спробуйте добитися в ньому якогось прогресу. Коли відчуєте, що топчетеся на місці, знову виконайте щось простіше.

Зі своїми студентами я говорю про хороше й погане хвилювання.

Перше допомагає в мотивації й концентрації, тоді як друге є просто марним витрачанням енергії.

Боб Бредшоу, викладач математики, Коледж Олоуні

Повертаючись до складних завдань, ви часто помічатимете, що наступний крок чи два вже здаються яснішими. Можливо, вам ще не вдасться дійти самого кінця, але принаймні ви просунетеся далі в розв'язанні, перш ніж знову перейдете до чогось іншого і теж зробите в ньому крок уперед.

У певному сенсі такий метод складання тесту можна порівняти з поведінкою справного кухаря. Замість просто чекати, поки засмажиться стейк, ви тим часом швидко нарізаєте помідори, потім додаєте приправи до супу, помішуєте цибулю на пательні. Описана тут

техніка допоможе вам ефективніше використовувати мозок, займаючи різні його частини різними думками одночасно²⁵⁴.

Використання такої техніки на тесті гарантує те, що ви хоча б трохи виконаєте кожне завдання. Цей метод також допомагає уникати *ефекту установки* — тобто застрягання на хибному шляху, адже ви можете подивитися на запитання з різних перспектив і в різний час. Це особливо важливо, якщо викладач застосовує розгорнуту систему оцінювання із частковим зарахуванням відповідей.

Щоправда, складність полягає в тому, що *вам потрібна буде самодисципліна, щоб зуміти відкласти завдання протягом хвилини чи двох після застрягання на ньому*. Для більшості студентів це просто, але комусь згодиться сили волі. У будь-якому разі ви тепер знаєте, що в математиці й природничих науках невчасна й надмірна наполегливість може додати вам непотрібних проблем.

Можливо, саме через це деяким студентам розв'язання часом спадає на думку, щойно вони виходять з аудиторії після тесту. Коли такий студент уже махнув рукою на завдання, яке не може розв'язати, його увага перемкнулася на інше, даючи можливість розпорошеному режиму мислення попрацювати й таки знайти відповідь. Хоч і запізно.

У когось може викликати сумніви те, чи не виб'є з колії такий метод, коли щось починаєш і потім відкладаєш незавершеним. Для більшості людей це неважко. Зрештою, кухарям же якось вдається одночасно готувати кілька страв. Але якщо ви все ж сумніваєтеся, чи пасуватиме ця техніка вам, випробуйте її спочатку на домашніх завданнях.

Пам'ятайте, що в певних ситуаціях описаний метод може бути недоречним. Якщо за розв'язання справді складного завдання ви отримаєте мало балів (часом викладачі люблять так робити), то краще спрямувати свої зусилля деінде. Деякі комп'ютеризовані екзамени не дають можливості повертатися до попередніх завдань, у таких випадках, дійшовши складного питання, ви можете тільки глибоко вдихнути та зробити все, що можете (тільки не забувайте видихнути). А якщо підготувалися не дуже добре, то нічого не вдієте. Отримаєте такі бали, які отримаєте.

Як боротися з панікою перед тестом

Я раджу студентам *дивитися в очі власним страхам*. Часто найбільша наша боязнь пов'язана з тим, що ми не отримаємо оцінку, потрібну для обраного кар'єрного шляху. Як із цим боротися? Дуже просто. Придумайте запасний план якоїсь іншої кар'єри. Щойно ви матимете план на найгірший випадок, ваш страх почне спадати. Наполегливо займайтеся аж до дня тесту, а потім просто відпустіть події. Скажіть собі: «Що ж, побачимо, на скільки правильних відповідей я спроможний. А в разі чого завжди можу вдатися до запасного плану». Це допомагає зняти стрес, тож ви насправді впораєтеся краще й таки наблизитеся до першого свого кар'єрного плану.

Трейсі Маґранн, викладачка біології, Коледж Седдлбек

ЧОМУ НА ТЕСТАХ МИ ХВИЛЮЄМОСЯ ТА ЯК ІЗ ЦИМ БОРОТИСЯ

Якщо ви схильні хвилюватися, пам'ятайте, що в стані стресу тіло виділяє різні хімічні речовини (наприклад, кортизол). Результатом можуть бути спітнілі долоні, прискорене серцебиття чи неприємні відчуття в животі. Цікаво те, що за результатами досліджень насправді має значення ваша *інтерпретація* цих симптомів — пояснення самому собі причин власного стресу. Якщо думки на зразок «Я боюся цього тесту!» ви змініте на «Тест мобілізує мене, щоб я показав себе якнайкраще!», то зможете позитивно вплинути на власний результат²⁵⁵.

Ще одна дієва порада для панікерів — коротко перемкніть увагу на своє дихання. Розслабте м'язи живота, покладіть на живіт долоню, повільно та глибоко вдихніть. Спостерігайте, як рухається ваша рука й розширюється грудна клітка.

Глибоко дихаючи в такий спосіб, ви подаєте кисень до важливих зон мозку. Мозок отримує сигнал, що все гаразд, — і це допомагає вам заспокоїтися. Але такі вправи з диханням варто починати не аж у сам день тесту. Якщо ви практикували цю техніку якийсь час перед тестом (а це лише якась хвилинка-дві), вам легше буде увійти в ритм дихання під час тесту. (Пам'ятайте, що практика закріплює вміння!) Особливо корисно переходити до глибокого дихання в останні стресові хвилини

перед отриманням тестових завдань. І, певна річ, у мережі є багато різних спеціальних застосунків, які можуть вам у цьому допомогти.

Інша техніка передбачає самоаналіз²⁵⁶. Ви маєте навчитися розрізняти думки природного характеру (наприклад: «Наступного тижня у мене важливий тест») та емоційні проекції, що можуть виникати як продовження такої початкової думки («Якщо я не складу цей тест, то не виконаю навчальну програму, і це буде катастрофа!»). Такі побічні думки, як виглядає, виходять із глибин розпорошеного режиму мислення. Навіть кілька тижнів простих вправ, метою яких є виокремлення й переформатування побічних думок і відчуттів, можуть допомогти заспокоїтися й навести лад у власній свідомості. Зміна вашої реакції на схожі нав'язливі думки буде значно ефективнішою, ніж звичайні спроби їх притлумити. Студенти, які протягом кількох тижнів практикували таку техніку, отримували кращі результати на тестах, а нав'язливі думки в них проявлялися рідше.

Тепер ви бачите, що відкладання найскладніших завдань на самий кінець тесту може спричинити проблеми. Адже ви зіткнетесь з найважчим саме тоді, коли вже збігає час і рівень вашого стресу зростає! Коли хвилювання досягає критичного рівня, людина починає напружено концентруватися й думає, що це врятує ситуацію, але виходить навпаки: надмірна концентрація не дає запрацювати розпорошеному режимові мислення.

Унаслідок цього маємо те, що називають «паралічем думок»²⁵⁷. Робота за принципом «Починай зі складного — перестрибуй на просте» допомагає уникнути таких ситуацій.

Вгадування відповідей і пробні тести: кілька порад

Коли я даю студентам тести з поданими кількома варіантами відповіді, часом помічаю, що вони, ще не зрозумівши саме питання як слід, уже поспішають читати варіанти відповіді. Я рекомендую закрити рукою відповіді й спробувати пригадати, що ви про це знаєте, постаратися відповісти на питання самостійно.

Коли студенти скаржаться, що пробний тест був зна-а-чно легший, ніж справжній, я запитую: а ви не старалися визначити «змінні

величини», які зробили ці дві ситуації з тестами різними? Правда ж, тренувальний тест робили вдома на дивані й із навушниками у вухах? Чи разом із товаришем? Правда ж, часу було вдосталь? А ще був ключ із готовими відповідями, підручники й конспекти напихваті? Звісно, це зовсім не те, що наповнена людьми аудиторія й обмежений час, який біжить дуже швидко. Тим, хто хвилюється під час тестування, я раджу піти з тренувальним тестом не додому, а до однієї з тих великих аудиторій, до яких можна увійти непоміченим під час заняття і всістися на задніх рядах. Підіть і спробуйте виконати пробний тест там.

Сьюзен Сейна Геберт, викладачка психології, Університет Лейквуд

ПІДСУМУВАННЯ

Напередодні тесту (чи тестів) перегляньте свої матеріали, освіжіть їх у пам'яті. Завтра вам потрібні будуть як «сфокусовані», так і «розпорошені» ресурси мозку, тому не перевантажуйте своє мислення. (Спортсмен, який завтра збирається подолати марафон, не буде сьогодні робити десятикілометровий забіг). Не почувайтеся винним, якщо ніяк не примусите себе в шаленому темпі вчитися в останній день перед важливим екзаменом. Якщо належно підготувалися — це цілком природна реакція, тому що ви підсвідомо намагаєтеся заощадити розумову енергію.

Під час самого тесту не забувайте про те, що мозок може дурити вас, ніби розв'язали все правильно, коли це насправді не так. **Якщо це можливо — перемикайте увагу на щось інше, а потім повертайтеся до цього запитання знову, щоб перевірити себе, міняючи ракурс погляду. Запитуйте: «Чи в тому, що я написав, справді є сенс?».** Часто існує кілька способів упоратися із завданням, тому самоперевірка з різних перспектив — дуже потрібна річ.

Звичайно, перевірити себе ви можете тільки зробивши крок назад і засумнівавшись у власній логіці. Та пам'ятайте, що прості помилки на зразок пропущених знаків мінус чи неправильних коефіцієнтів трапляються навіть у найкращих студентів. Вам залишається тільки зробити все можливе, щоб таких помилок не припускати. У природничих науках треба обов'язково перевіряти відповідність

одиниць вимірювання у правій і лівій частині рівняння: це допоможе вчасно виявити серйозну помилку.

Важливою також є послідовність виконання завдань під час тесту. Студенти переважно виконують їх одне за одним, від початку до кінця. Якщо під час самоперевірки ви почнете з кінця й рухатиметеся до початку, то, можливо, дасте мозкові свіжішу перспективу й допоможете знайти помилки.

Ніщо не є на 100 % певним. Часом буває, що ви старанно готуетесь, але під час тесту ну ніяк не складається й усе. Але якщо ви багато практикуватиметеся, випрацюєте солідну бібліотеку методик розв'язування, а ще мудро поведетеся під час тесту, то помітите, що щастя почне частіше перебувати на вашому боці.

Підсумовуємо прочитане

- Якщо не виспатися в останню ніч перед тестом, це може звести нанівець усю вашу підготовку.
- Складання тесту — серйозна справа. Візьміть приклад із винищувачів чи лікарів: підготуйте контрольний перелік питань і звіряйтеся з ним. Від цього ваші шанси на успіх зростуть.
- Такі стратегії поведінки як «Починай зі складного — перестрибуй на просте», на перший погляд, суперечать логіці, але дають мозкові можливість думати над складним завданням навіть тоді, коли ви займаєтеся простішими.
- Коли ми перебуваємо в стані стресу, наше тіло виділяє відповідні хімічні речовини. Дуже важливим є те, як ви інтерпретуєте такі реакції свого тіла. Якщо думки на зразок «Я боюся цього тесту!» змінити на «Тест мобілізує мене, щоб я показав себе якнайкраще!», це може покращити ваш результат.
- Якщо під час тесту ви починаєте панікувати — одразу перемкніть увагу на своє дихання. Розслабте живіт, покладіть на нього руку, повільно й глибоко вдихніть. Спостерігайте, як рухається ваша рука й розширюється грудна клітка.
- Мозок може дурити вас, ніби ви розв'язали завдання правильно, коли це насправді не так. Якщо можливо, перемикайте увагу на щось інше, а потім повертайтеся до цього завдання знову, щоб *перевірити*

самого себе, міняючи ракурс погляду. Запитуйте себе: «Чи в тому, що я написав, справді є сенс?».

Робимо паузу та пригадуємо

Закрийте книжку й відведіть від неї погляд. Які були основні ідеї цього розділу? Які з нових для вас варіантів варто застосувати під час тестування й підготовки до нього?

Закріплюємо знання

1. Що є надзвичайно важливим у підготовці до тестів? (Підказка: якщо ви це не зробили, всі інші зусилля можуть бути марними).
2. Поясніть, як під час тестування визначити момент, коли варто від складного запитання перейти до простішого (якщо ви застосовуєте техніку «Починай зі складного — перестрибуй на просте»).
3. Глибоко дихати рекомендують тим, хто має відчуття паніки. Як ви думаєте, чому в описі наголошувалося, що під час дихання має підійматися живіт, а не грудна клітка?
4. Чому, на вашу думку, під час тестування, перш ніж перевіряти виконане, варто на короткий час перемкнути увагу на щось інше?

Саєн Бейлок про способи подолання стану заціпеніння



© University of Chicago

Саєн Бейлок — викладачка психології Чиказького університету. Вона належить до провідних світових експертів із питань подолання паніки у важких умовах і є авторкою книжки «Заціпеніння: секрети, які допоможуть вам правильно діяти в моменти, коли це найважливіше» (Choke: What the Secrets of the Brain Reveal about Getting It Right When You Have To)²⁵⁸.

«Напружені ситуації в навчанні й у житті нерідко викликають стрес. Але дослідження дедалі частіше підтверджують те, що доволі прості психологічні прийоми можуть знизити рівень вашого хвилювання під час тестування та зробити аудиторне навчання ефективнішим. Ці психологічні техніки не стосуються самого змісту навчання: вони спрямовані на ваше сприйняття дійсності.

За результатами досліджень моїх колег, якщо викласти на папері пов'язані з тестом думки й відчуття безпосередньо перед самим випробуванням, можна знизити негативний ефект психологічного тиску. Ми вважаємо, що написання допомагає вивільнити негативні думки зі свідомості, унаслідок чого знижується ймовірність їхньої появи в голові й відволікання вас у напружених ситуаціях.

Невеликий стрес під час самотестування теж може підготувати вас до інтенсивного стресу під час справжніх тестів. Із цієї книжки ви дізналися, що тестування самого себе під час навчання є потужним засобом закріпити дані в пам'яті, а зафіксовану інформацію вам легше буде видобути під час напруженого іспиту.

Підтверджується також те, що негативне самоналаштування — тобто негативні думки у вашій голові — справді може обмежити ефективність. Тому під час підготовки до тесту постарайтеся говорити й думати про себе тільки позитивно. Одразу відрубуйте негативні думки (навіть якщо впевнені, що на вас чатують усі можливі перешкоди). Якщо вам не вдалося розв'язати якесь завдання чи навіть кілька, не падайте духом і зосередьтеся на наступних.

Зрештою, однією з причин заціпеніння під час тестування є те, що деякі студенти несамовито заглиблюються в розв'язання, не обдумавши його достатньо добре. Навчіться робити паузу на кілька секунд, перш ніж почати розв'язувати або коли ви наштовхнулися на труднощі. Це допоможе оптимально виконати вправу, а також

уникнути відчуття спантеличеннтя в моменти, коли ви раптом усвідомлюєте, що згаяли багато часу й зайшли в глухий кут. Опановувати відчуття стресу, поза всяким сумнівом, можна навчитися. Хоча, як не дивно, повністю знімати стрес навіть не потрібно, адже його мінімальна кількість допоможе досягнути максимального результату в ситуаціях, де це найважливіше. Успіху!»

252 На сторінці доктора Фелдера 4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/ ви можете знайти багато інформації щодо вивчення математики, природничих, технологічних та інженерних дисциплін.

253 Felder 1999. Використано з дозволу Річарда Фелдера й видання Chemical Engineering Education.

254 Поживу для роздумів може дати праця McClain 2011, а також роботи цитованих там дослідників.

255 Beilock 2010, pp. 140–141.

256 Mrazek et al. 2013.

257 Бейлок (2010, с. 60) зазначає: «Атлети в стані стресу намагаються взяти під контроль свої дії, але роблять це так, що результат виходить протилежним. Схожий контроль, який часто називають “паралічем від аналізу”, є наслідком надмірної активності префронтальної кори».

258 Beilock 2010; sianbeilock.com/.

18. ВИВІЛЬНІТЬ СВІЙ ПОТЕНЦІАЛ

Річард Фейнман — фізик, який грав на бонго та здобув Нобелівську премію, — був веселою і щасливою людиною. Але протягом кількох років (найкращих і одночасно найгірших) його щасливе життя випробовувалося.

На початку 1940-х кохана дружина Фейнмана Арлін лежала хвора на туберкульоз у віддаленій лікарні. Фейнман нечасто міг її бачити, тому що перебував в ізолюваному містечку Лос-Аламос у штаті Нью-Мексико і працював там над одним із найважливіших завдань Другої світової війни — надзвичайно секретним «Мангеттенським проектом». У ті часи Фейнман не був відомим, тому й не мав особливих привілеїв.

Щоб після роботи займати чимось мозок і якось рятуватися від журби та хвилювання, Фейнман узявся розгадувати одну з найзаплутаніших таємниць людства — логіку зламування сейфів.

Навчитися вправно відкривати сейфи не так просто. Фейнман розвивав свою інтуїцію, вивчав внутрішню будову замків сейфів, тренував руки, наче професійний піаніст. Коли йому вдавалося визначити перші цифри комбінації, його натреновані пальці швидко знаходили решту.

Фейнман випадково дізнався, що недавно до Лос-Аламоса прибув на роботу замковий майстер — спеціаліст, який міг відкрити сейф за лічені секунди.

Справжній експерт зовсім поруч! Фейнман подумав, що якби вдалося подружитися із цим чоловіком, він міг би дізнатися найглибші секрети зламування сейфів.

* * *

У цій книжці ми розглядали нові погляди на те, як люди вчаться. Як ми дізналися, часом **ваше бажання опанувати щось** просто зараз і є **саме тією** перешкодою, **яка не дає вам це щось опанувати**. Це можна порівняти із ситуацією, коли ви дуже швидко простягаєте вперед праву руку, але ліва рука залишається позаду й затримує вас.

Видатні митці, науковці, інженери й шахісти, як Магнус Карлсен, дотримуються природного ритму мозку. Спочатку вони цілеспрямовано фокусуються, напружують мозок, працюючи над своїм завданням. Потім перемикають увагу на щось інше. Таке чергування сфокусованого й розпорошеного режимів допомагає «хмарам думок» вільніше переміщуватися до різних ділянок мозку. Відповідно частини цих думок можуть повертатися з певних зон разом із важливими елементами розв'язання.

Ви можете налаштовувати й переналаштовувати свій мозок. Ключем до успіху є терплячість і наполегливість — свідомо праця над сильними та слабкими сторонами вашого мозку.

Ви можете покращити вміння концентруватися, м'яко переводячи власні реакції на відволікальні чинники (телефонний дзвінок, сигнал текстового повідомлення) у правильне русло. «Метод помідора» — короткі періоди концентрації з визначеною тривалістю — є ефективним засобом прибрати до рук ваші зомбозвички відволікатися. Відпрацювавши певний час у режимі високої концентрації, ви можете спокійно розслабитися й насолодитися перервою.

Який результат ви отримаєте після тижнів чи місяців послідовних зусиль? Стійкі нейронні структури й міцний «клей» між наявним і кожним новим пластами знань. Якщо займатиметеся в такий спосіб, чергуючи періоди концентрації з регулярними перервами, то не тільки зробите процес приємнішим, а й засвоюватимете краще. Перерви з розумовим відпочинком дають час на створення відповідної перспективи — тобто поєднують предмет нашої праці й широкий контекст, у якому він перебуває.

Пам'ятайте: певні частини нашого мозку запрограмовані на те, щоб усе, що ми зробили (хоч би якою очевидною була його хибність), здавалося однозначно правильним. Значною мірою саме через схильність дуритися ми маємо періодично робити крок назад і запитувати себе: «Чи є в цьому сенс?».

Якщо ми робимо крок назад, дивимося на нашу роботу під іншим кутом зору, якщо перевіряємо самі себе пригадуванням вивченого матеріалу, дозволяємо іншим людям перевіряти наші знання, нам легше буде викрити власні ілюзії щодо наших знань. Саме такі ілюзії й

брак глибокого розуміння можуть бути перешкодою на шляху до успіху у вивченні математики і природничих наук.

Звичайне зубріння, а часто ще й «в останню хвилину», дає багатьом людям оманливе відчуття розуміння на нижчих рівнях. Коли вони просуваються далі, на вищому рівні їхнє слабе розуміння суті явищ призводить до повного обвалу. Проте щораз глибше розуміння процесів, завдяки яким мозок навчається, дозволяє нам зробити висновок, що просте запам'ятовування — це недобре. Як ми тепер знаємо, для опанування математики та природничих наук *потрібне* глибоке засвоєння матеріалу у формі добре опрацьованих фрагментів пам'яті, закріплених практичними заняттями. Ми також уже знаємо, що студент не може сформулювати міцні фрагменти пам'яті, якщо ледарює й недопрацьовує, — так само як спортсмен не може наростити м'язи, тренуючись в останні хвилини перед змаганням.

Незалежно від вашого віку й рівня розумового розвитку певні частини вашого мозку залишаються трохи дитячими. Це може інколи спричиняти, наприклад, відчуття фрустрації — знак, що час зробити перерву. Але завжди присутня в нас певна дитячість має свої переваги: допомагає виходити за звичні межі, дивитися на речі творчо, візуалізувати, запам'ятовувати, приятелювати з наукою й у такий спосіб розуміти те, що на перший погляд може здатися жах яким складним.

Ми також дізналися, що наполегливість у певних ситуаціях недоречна: інколи безперервна концентрація на завданні блокує можливості для його розв'язання. Проте довготривала наполегливість, пов'язана з баченням широкої перспективи, є ключем до успіху чи не в кожній сфері. Саме така ґрунтовна й довготермінова наполегливість допомагає нам упоратися з неминучими труднощами в житті й недоброзичливими людьми, які на певний час можуть нав'язати нам враження, що наші цілі та мрії занадто недосяжні.

Центральною темою цієї книжки є парадоксальна природа навчання. Сконцентрована увага є вкрай важливою в навчанні, але також може заблокувати нашу здатність розв'язати завдання. Наполегливість дуже потрібна, але може часом призвести до марних зусиль. Запам'ятовування є основою для накопичення знань, хоча інколи через нього можна за деревами не бачити лісу. Метафори допомагають

засвоювати новий матеріал, але одночасно можуть призвести до хибного розуміння суті явищ.

Навчатися самостійно чи в групі, починати зі складного чи з простого, вивчати конкретику чи будувати абстракції... Зрештою, здатність поєднувати ці численні парадокси навчання додає цінності й сенсу до всього, хоч би що ми робили.

Один із секретів найвидатніших мислителів світу — це спрощення, тобто оформлення думок у такий спосіб, щоб їх могла зрозуміти навіть дитина. Спрощення було ключовим у підходах Річарда Фейнмана: йому вдалося зацікавити деяких знайомих математиків надзвичайно високого рівня в тому, щоб вони виклали власні складні теорії простими словами.

Виявилося, що вони це вміють. І ви теж вмієте. Так само як Фейнман і Сантьяго Рамон-і-Кахаль, ви теж можете скористатися ефективними способами навчання, щоб реалізувати свої мрії.

Розвиваючи навички зламування сейфів, Фейнман таки заприятелював із замковим майстром. Після бесід із ним фізик раз за разом розбивав поверхові упередження, копав усе глибше і врешті-решт зрозумів, що, ймовірно, стоїть за вмінням майстра відкривати сейфи.

Одного вечора його осяяла думка, яка все пояснила.

Секретом майстра було те, що він знав базові налаштування виробника сейфів.

Знаючи фабричні налаштування, майстер часто міг відкривати сейфи, у яких ці налаштування не були змінені. За тим, що всі вважали магією зламування сейфів, стояло лише базове розуміння того, як сейфи налаштовує виробник.

Як і Фейнман, ви теж можете навчитися того, як розуміти просту сутність явищ і уникати розчарувань. Якщо ви збагнули «базові налаштування» свого мозку (логіку його мислення, способи навчання) й належно скористаєтеся цим, то теж можете багато досягнути.

На початку книжки я згадувала про те, що існують прості інтелектуальні прийоми, здатні полегшити опанування математики та природничих наук, техніки, які допоможуть не тільки тим людям, яким важко даються ці науки, а й тим, хто в них цілком успішний. Читаючи книжку, ви ознайомились із цими прийомами. Та все ж, як ви

тепер знаєте, ніщо не зрівняється із засвоєнням чітко окресленої й логічно поданої суті явищ. Тому я також підготувала підсумки — короткий виклад суті основних ідей цієї книжки у вигляді десяти правил «Як треба вчитися» і десяти — «Як не треба вчитися».

Пам'ятайте: щастя усміхається тим, хто пробує. А дещо глибше розуміння того, як краще навчатися, аж ніяк не буде зайвим.

10 ПРАВИЛ «ЯК ТРЕБА ВЧИТИСЯ»

1

- . **Поновлюйте в пам'яті вивчене.** Прочитавши сторінку підручника, відкладіть його та пригадайте основні думки. Не робіть багато підкреслень, не виділяйте те, що спершу не закріпили в пам'яті через пригадування. Спробуйте відновлювати в голові основні думки вивченого матеріалу дорогою до аудиторії або ж в іншому місці (не тому, де ви це вивчили). Уміння пригадувати — самостійно формулювати основні ідеї матеріалу — одна з головних ознак ефективного навчання.

2

- . **Перевіряйте самого себе.** У всьому. Завжди. Допомогти в цьому можуть картки з інформацією.

3

- . **Класифікуйте розв'язання.** Старайтеся зрозуміти розв'язання задачі й оформити його в пам'яті так, щоб у разі потреби воно спадало на думку як готовий шаблон. Упоравшись із чимось, потренуйтеся ще трохи. Переконайтеся, що ви без проблем можете виконати цю вправу, кожен із кроків. Уявіть, що це мелодія, і навчіться прокручувати її в уяві знову і знову, щоб ця інформація оформилася в завершений фрагмент пам'яті, який ви за потреби можете легко звідти дістати.

4

- . **Розподіляйте загальний навчальний час на інтервали.** Вивчайте все невеликими частинами щоденно, як це роблять спортсмени на тренуваннях. Ваш мозок схожий на м'яз: він спроможний лише на обмежену кількість зусиль над тією самою темою в той самий час.

5

- . **Виконуйте різні завдання.** Не практикуйте той самий метод розв'язування занадто довго в межах одного заняття: через якийсь час ви почнете просто механічно наслідувати те, що вже робили. Працюйте над завданнями різного типу. Так ви зрозумієте, як і коли застосовувати певний метод. (Більшість підручників не пристосована до такого підходу, тому зробіть це самостійно). Після кожного тесту чи просто виконаного домашнього завдання проаналізуйте помилки, постарайтеся зрозуміти, чому ви їх припустилися, виправте. Щоб отримати кращий ефект, напишіть (обов'язково від руки) завдання на одному боці картки, а розв'язання — на другому. (Написання від руки формує міцніші нейронні структури, ніж друкування). Можна сфотографувати картку й завантажити її до відповідного навчального застосунка вашого смартфона. Перевіряйте себе, навімання обираючи завдання різного типу. Можна також розгортати довільну сторінку підручника, тицяти на будь-яке завдання й перевіряти, чи можете ви його розв'язати із ходу.

6

- . **Робіть перерви.** Немає нічого дивного в тому, що інколи вправи нового для вас типу ви не одразу можете розв'язати. Саме тому щодня займатися потрохи — це значно краще, ніж багато, але рідко. Якщо вам не вдається впоратися із якимось завданням, зробіть перерву, щоб інші частини мозку могли попрацювати над цим питанням на підсвідомому рівні.

7

- . **Ставте уточнювальні запитання й шукайте прості аналогії.** Якщо якась тема вам важко дається, запитайте себе: «Як можна це пояснити, щоб зрозуміла десятирічна дитина?». Використання аналогій справді допомагає: наприклад, електричний струм можна порівнювати з потоком води. Розтлумачуйте не тільки в голові: озвучте пояснення або запишіть на папері. Додаткові зусилля на промовляння або написання допоможуть міцніше закріпити вивчене, тобто оформити його в нейронні структури пам'яті.

8

- . **Не відволікайтеся.** Вимкніть усі звукові сигнали й вібрацію на телефоні й комп'ютері, запустіть таймер на 25 хвилин. Зосередьтеся й старанно попрацюйте протягом цього часу. Коли 25 хвилин мине, вигадайте собі якусь невелику дотепну винагороду. Кілька таких сеансів щодня справді допоможуть вам у навчанні. Спробуйте визначити години й місця, де ви зазвичай займаєтеся навчанням, а не відволікаєтеся на комп'ютер чи телефон.

9

- . **«З'їдайте всіх своїх жаб уранці».** Зробіть найважчі справи якнайраніше, коли ви ще в хорошій формі.

1

0

- . **Створюйте в уяві контрасти.** Пригадайте своє теперішнє життя й побачте контраст із тими мріями, реалізація яких стане можливою завдяки навчанню. На робочому місці помістіть якесь зображення чи текст, які нагадуватимуть вам про бажане. Коли мотивація згасатиме, дивіться на ці слова чи зображення. Ваша праця піде на користь як вам, так і тим, кого ви любите.

10 ПРАВИЛ «ЯК НЕ ТРЕБА ВЧИТИСЯ»

Уникайте пунктів із цього переліку. Вони можуть марнувати ваш час, хоч вам здаватиметься, що ви навчаєтеся.

1

- . **Пасивно перечитувати** — це просто «пробігати» очима сторінки. Поки ви не *пересвідчитесь*, що засвоїли матеріал, тобто поки не пригадаєте основні думки без зазирань у книжку, перечитування буде звичайним марнуванням часу.

2

- . **Вірити в текстові помітки.** Якщо ви робите підкреслення в прочитаному, можете зіткнутися з оманливим відчуттям, ніби щось справді засвоюєте, хоча насправді просто рухаєте рукою. Помітки в тексті час від часу зовсім не шкодять — інколи навіть допомагають знаходити важливі місця. Але якщо хочете використати

підкреслення як засіб для запам'ятовування, переконайтеся, що позначена вами інформація залишається у вашій голові.

3

. **Розглядати розв'язану задачу з думкою, що ви це розумієте.**

Це одна з найбільших помилок студента. Ви маєте бути спроможні самотійно *виконати* вправу крок за кроком, не дивлячись у готове розв'язання.

4

. **Навчатися в останні хвилини.** Якби ви готувалися до спортивних змагань, чи відкладали б тренування на останній день? Ваш мозок схожий на м'яз, тобто спроможний лише на обмежену кількість зусиль над тією самою темою в той самий час.

5

. **Розв'язувати забагато вправ того типу, який ви вже опанували.** Якщо ви тільки розв'язуєте схожі задачі, то насправді не готуєтеся до тесту. Це можна порівняти з баскетболістом, який готується до гри, тренуючи тільки техніку ведення м'яча.

6

. **Ходити на групові заняття, які перетворюються в теревені.**

Якщо звіряти відповіді з друзями, перевіряти знання одне одного, можна зробити процес засвоєння приємнішим, а також виявити прогалини у ваших знаннях і поглибити розуміння предмета. Але якщо спільні заняття перетворюються на забави ще до завершення роботи, ви просто марнуєте час. Варто пошукати іншу групу.

7

. **Не читати підручник перед розв'язуванням.** Чи стрибнули б ви до басейну ще до того, як навчилися плавати? Підручник — це ніби інструктор із плавання, який навчить триматися на воді. Якщо ви не читатимете пояснень, то блудитимете, спотикатиметеся, тонути будете, зрештою, марнуватимете час. Перш ніж почати розв'язувати, не забудьте швидко переглянути розділ і скласти загальне враження, про що в ньому йдеться.

8

. **Не консультуватися з викладачами й однокурсниками щодо незрозумілих питань.** Викладачі спрямовують у потрібному

напрямку тих студентів, які до них звертаються, бо допомагати в навчанні — це їхня робота. Гірше, коли студенти не розуміють і просто мовчать. Не будьте одним із них.

9

- . **Думати, що опанувати матеріал можна навіть із численними відволіканнями.** Кожне невелике відривання від заняття — на повідомлення чи розмову — забирає розумову енергію, яку ви могли би спрямувати на навчання. Переривання концентрації руйнує нейронні структури в зародковому стані, коли вони ще не встигли закріпитися.

1

0

- . **Не спати.** Коли ви спите, мозок обдумує й сортує те, що ви заклали в нього протягом дня. Постійне виснаження призводить до нагромадження в мозку токсинів, які руйнують нейронні структури, потрібні для швидкого мислення. Якщо ви не виспитесь перед тестуванням — **решта підготовки вже не матиме сенсу.**

Робимо паузу та пригадуємо

Закрийте книжку й відведіть від неї погляд. Які були основні ідеї цього видання?

Подумайте над тим, як можна скористатися ними, щоб покращити процес вашого навчання.

ПІСЛЯМОВА

У восьмому класі вчитель математики змінив усе моє життя. Він витягнув мене з найслабших учнів класу і заохотив учитися. Я віддячив йому в старших класах: тоді мої результати з геометрії піднялися до «задовільно» (двічі). Я просто не міг здолати матеріал самостійно, а хорошого наставника, який підштовхував би мене в правильному напрямку, поруч не було. Уже в коледжі я нарешті зрозумів, що до чого. Але це був довгий і важкий шлях. Якби тоді я мав під рукою таку книжку, як ця!

Перемотаймо плівку на півтора десятиліття вперед. Моя донька перетворила виконання домашніх завдань із математики на такі вишукані муки, що навіть Данте був надто скромний, щоб про таке писати. Під час розв'язування якоїсь задачі вона заходила в глухий кут, але замість шукати вихід тупцювала на місці. Вона плакала, бувало, заспокоївшись, знаходила розв'язання. Але мені ніколи не вдавалося переконати її зробити крок назад і подивитися на вправу по-іншому, але без драм. Я дав їй почитати цю книжку. Ось перше, що вона сказала: «Якби я мала цю книжку тоді, коли ходила до школи!».

Існує багато досліджень, де науковці дають потенційно корисні рекомендації. Але, на жаль, усе це рідко подається в такій формі, щоб пересічний студент міг зрозуміти ці поради й використати їх. Не кожен науковець уміє доступно подати, але й не кожен письменник здатний розуміти науку. Барбара Оклі пречудово впоралася із цим завданням. Використовуючи яскраві приклади й пояснення, вона змогла не тільки показати ефективність описаних методів, а й заохотити читача повірити в її ідеї. Коли я запитав доньку, чим саме їй сподобалася книжка, адже деяких із цих методів я намагався її навчити ще в шкільні роки, вона відповіла: «Вона пояснює чому, і ці пояснення надають порадам сенс». Ще один удар по моєму батьківському его!

Тепер, прочитавши цю книжку, ви озброїлися простими, але потенційно ефективними методиками, які, між іншим, можуть

допомогти вам не тільки в математиці й природничих науках. Як ви побачили, основою цих технік стали численні дослідження щодо того, як працює людський мозок. Базовим елементом будь-якого навчання є взаємодія емоцій і пізнання, а також передача цього всього за допомогою слів. У свій спосіб моя донька наголосила на тому, що в навчанні важливі не тільки методики. Потрібна ще ваша впевненість у тому, що вони справді подіють. Чіткі й переконливі свідчення цього, які ви тут прочитали, можливо, підштовхнуть вас спробувати ці методики без сумнівів чи опору, які часто зводять нанівець навіть значні зусилля. Певна річ, навчання — справа дуже індивідуальна. Та найкращий доказ ефективності — результати, які ви отримаєте, послідовно застосувавши описані методики.

Тепер я — університетський професор, який протягом багатьох років навчав тисячі студентів. Чимало з них старалося уникати математики та природничих наук: такі студенти вважали, «не мають здібностей» до них або ж «не люблять» їх. У таких випадках я завжди радив те, що своїй доньці: «Опануйте ці науки хоч трохи й потім побачите, чи ви й надалі не матимете бажання ними займатися». Зрештою, чи не допомагає освіта як така боротися із труднощами?

Пам'ятаєте, як важко було навчитися водити машину? Зате тепер ви це робите майже автоматично, а саме вміння дає вам відчуття незалежності, яке ви цінуватимете все своє доросле життя. Відкритість до навчальних методик на зразок описаних у цій книжці допоможе вам подолати сумніви й уникання, натомість випрацювати впевненість і досягнути високих результатів.

Тепер усе залежить від вас!

*Девід Деніел, доктор наук, професор відділу психології
Університету імені Джеймса Медісона*

ПОДЯКИ

Висловлюючи подяку переліченим тут особам, я хочу наголосити: якщо в цій книжці є помилки у фактах чи їх інтерпретації — у цьому тільки моя провина. Прошу також вибачення у тих, чиє ім'я я ненавмисно упустила.

Для мене вкрай важливою була постійна підтримка, заохочення, ентузіазм і надзвичайна проникливість мого чоловіка Філіпа Оклі. Ми познайомилися 30 років тому на науково-дослідній станції на Південному полюсі, в Антарктиці. Щоб зустріти цю унікальну людину, мені в прямому сенсі слова довелося полетіти аж на край світу. Він — моя споріднена душа і мій герой. (І ще, якщо вам цікаво, він є тим чоловіком на пазлі, який ви вже бачили в розділі 4).

Моїм наставником у педагогічній кар'єрі є доктор Річард Фелдер: саме він справив вагомий вплив на те, у якому напрямку моя кар'єра розвивалася. Кевін Мендес, дизайнер цієї книжки, виконав чудову роботу над ілюстраціями — я схилиюся перед його художнім талантом. Від нашої старшої доньки Розі Оклі я отримала чимало ідей і невпинну моральну підтримку під час написання. Наша молодша донька Рейчел Оклі завжди була опорою в усіх починаннях.

Моя добра подруга Емі Елкон просвічувала мою роботу своїми рентгенівськими променями редактора: вона має дивовижне вміння вишукувати можливості для вдосконалення, і саме з її допомогою цю книжку вдалося підняти на значно вищий рівень точності, доступності й дотепності. Мій давній друг Ґурупрасад Мадгаван із Національної академії наук допоміг побачити широку перспективу, як і наш спільний друг Джош Брендонф. Появі книжки також дуже сприяла тренерка з написання текстів Дафні Ґрей-Ґрант.

Хотілося б особливо відзначити ґрунтовну роботу Рити Розенкранц — літературної агентки непересічного рівня. Також я щиро дякую Сарі Кардер і Джоанні Інґ із видавництва Penguin. Їхній проникливий погляд, редакторська майстерність і глибокий професіоналізм дуже

допомогли зробити цю книжку кращою. Бажаю кожному авторові такої щасливої нагоди попрацювати з кимось, хто мав би редакторський талант Джоанни Інґ. Також дякую Емі Шнайдер, чия коректура дуже прислужилася моїй книжці.

Особлива подяка Полу Кручко, адже саме його просте питання про те, як мені вдалося змінитися, підштовхнуло до написання цієї книжки. Спасибі Данті Ренсу з Міжбібліотечної служби обміну: він зробив для мене дуже багато такого, що виходило за межі його службових обов'язків. Також дякую за цінну допомогу Пет Кларк.

Багато колег допомагало мені в роботі, зокрема професори Анна Спаньюоло, Ласло Ліптак і Лора Вікланд у математиці, Барб Пенпрейз і Келлі Берішадж у медицині, Кріс Кобус, Майк Поліс, Мохаммад-Реза Сіадат і Лоренцо Сміт у технічних науках, Бред Рот у фізиці. Неоціненною була підтримка Аарона Берда, керівника відділу навчань компанії CD-adapco, і його колеги Ніка Епл'ярда, віце-президента CD-adapco. На подяку заслуговує також Тоні Прогаска і його проникливе редакторське око.

Перелічені нижче люди дуже допомогли мені, поділившись своїми знаннями: Саєн Бейлок, Марко Белліні, Роберт Білдер, Марія Анхелес Рамон-і-Кахаль, Норман Кук, Терренс Дікон, Хав'єр Дефеліпе, Леонард Деграаф, Джон Емслі, Норман Фортенберрі, Девід Гірі, Кері Малліс, Ненсі Косгроув Малліс, Роберт Річардс, Дуг Рорер, Шерил Сорбі, Ніл Сандаресан і Ніколас Вейд.

Важко недооцінити допомогу деяких талановитих викладачів університетів і коледжів (за оцінками RateMyProfessors.com). Ці люди допомогли мені своїми знаннями з найрізноманітніших галузей — математики, фізики, хімії, біології, технічних наук, бізнесу, економіки, фінансів, педагогіки, психології, соціології, медицини й англійської мови. Свій внесок зробили також учителі старших класів найуспішніших шкіл. Хочу подякувати за допомогу людям, які перечитували текст книжки повністю чи його частини й залишали відгуки й цінні поради. Ось їх імена: Лола Джін Аагаард-Борам, Шагім Абрагамс, Джон Адамс, Джуді Аддельстон, Ейпріл Лачіна Акео, Рейвел Еммерман, Ронда Емсел, Скотт Армстронг, Чарльз Бамфорт, Девід Барретт, Джон Бартелт, Челсо Батала, Джойс Міллер Бін, Джон Белл, Пол Бергер, Сідні Бергман, Роберта Бібі, Пол Бловерс, Ебі Бумарейт,

Деніел Бойлен, Боб Бредшоу, Девід Брайт, Кен Браун, Марк Баєрн, Лайза Девідс, Томас Дей, Ендрю Дебенедиктіс, Джейсон Дічент, Роксенн Делает, Дебра Гасснер Дрегон, Келлі Даффі, Елісон Данвуді, Ралф Фізер, Венні Філіппас, Джон Фрай, Коста Джерусіс, Річард Джакінто, Майкл Гоулд, Франклін Гороспі IV, Брюс Гернік, Кетрін Гандшу, Майк Гаррінгтон, Баррет Газелтайн, Сьюзен Сейна Геберт, Лінда Гендерсон, Мері Дженсен, Джон Джонс, Арнольд Кондо, Патриція Краков'як, Ануска Ларкін, Кеннет Леопольд, Марк Леві, Фок-Шуен Ліун, Карстен Лук, Кеннет Маккензі, Трейсі Магранн, Баррі Марг'юліс, Роберт Мейс, Нельсон Мейлоун, Мелісса Макналті, Елізабет Макпартлан, Гета-Марія Міллер, Анджело Міньяреллі, Норма Мінтер, Шіріз Мітчелл, Дайна Мійоші, Джеральдін Мур, Чарльз Маллінз, Річард Мазгрейв, Річард Нейдел, Форрест Ньюман, Кетлін Нолта, П'єр-Філіп Віме, Делджел Пабалан, Сьюзен Мері Пейдж, Джеф Парент, Вера Паврі, Ларрі Перес, Вільям П'єтро, Дебра Пул, Марк Портер, Джефрі Прентіс, Аделаїда Кесада, Роберт Ріордан, Лінда Роджерс, Дженна Росейлс, Майк Розенталь, Джозеф Сантакроус, Оралдо Сосідо («Бадді»), Дональд Шарп, доктор Д. А. Сміт, Роберт Снайдер, Роджер Солано, Френсіс Шпільгаген, Гіларі Спрул, Вільям Спрул, Скотт Пол Стівенс, Акелло Стоун, Джеймс Страуд, Фабіан Гадіпріоно Тан, Сіріл Тон, Лі Таттл, Він Урбановські, Лінн Васкес, Чарльз Вейдман, Френк Вернер, Дейв Віттлсі, Нейдер Замані, Білл Зеттлер, Мін Джан.

Назву також імена студентів, які є авторами цитат і доповнень або ж дали мені цінні поради, за що я їм безмежно вдячна: Наталі Бетенс, Ріаннон Бейлі, Ліндсі Барбер, Шарлін Бріссон, Ренделл Бродвелл, Мері Ча, Кайл Чемберс, Закарі Чартер, Джоел Коул, Бредлі Купер, Крістофер Купер, Окюрі Коварт, Джозеф Койн, Майкл Калвер, Ендрю Дейвенпорт, Кейтлінд Девідсон, Брендон Девіс, Александер Дебюсуре, Ганна Девілбісс, Бренна Донован, Шелбі Драпінські, Тревор Дрозд, Деніел Евола, Кетрін Фоук, Аарон Гарофало, Майкл Гашадж, Емануель Джоні, Кассандра Гордон, Юсра Гасан, Ерік Герман, Томас Герцог, Джессіка Гілл, Ділан Ідзковські, Вестон Джешурун, Емілі Джонс, Крістофер Каррас, Еллісон Кітчен, Браєн Клопп, Вільям Кьоле, Челсі Кюбацкі, Ніколас Ленглі-Роджерс, Сюе Цзін Лі, Крістофер Лоу, Джонатон Маккормік, Джейк Макнамара, Паула Меершерт, Матеуш М'єгоч, Кевін Месснер, Гаррі Муредіан, Надя Нуї-Мегіді, Майкл Оррел,

Майкл Парізо, Леві Паркінсон, Рейчел Полачек, Мішель Редкліф, Санні Ріші, Дженніфер Роуз, Браєн Шролл, Пол Швальбе, Ентоні Шіуто, Зак Шоу, Девід Сміт, Кімберлі Сомервілл, Дейві Спрул, П. Д. Спрул, Даріо Стразімірі, Джонатан Стронг, Джонатан Сьюлек, Раві Таді, Аарон Тічаут, Грегорі Террі, Ембер Тромбетта, Раджів Варма, Бін Сюй Ван, Фан Фей Ван, Джессіка Варголак, Шон Васселл, Малколм Вайтгауз, Майкл Вітні, Девід Вілсон, Аманда Вулф, Аня Янг, Хуей Чжан і Корі Зінк.

БІБЛІОГРАФІЯ 259

- Aaron, R, and RH Aaron. *Improve Your Physics Grade*. NY: John Wiley & Sons, 1984.
- Ainslie, G, and N Haslam. "Self-control." In *Choice over Time*, edited by Loewenstein, G and J Elster, 177-212. NY: Russell Sage Foundation, 1992.
- * Allen, D. *Getting Things Done*. NY: Penguin, 2001 [Аллен Девід. Як упорядкувати справи. Мистецтво продуктивності без стресу. К. : КМ-Букс, 2018].
- Amabile, TM, et al. "Creativity under the gun." *Harvard Business Review* 80, 8 (2002): 52.
- Amidzic, O, et al. "Pattern of focal γ -bursts in chess players." *Nature* 412 (2001): 603-604.
- Andrews-Hanna, JR. "The brain's default network and its adaptive role in internal mentation." *Neuroscientist* 18, 3 (2012): 251-70.
- Armstrong, JS. "Natural learning in higher education." In *Encyclopedia of the Sciences of Learning*, 2426-2433: Springer, 2012.
- Arum, R, and J Roksa. *Academically Adrift*. Chicago, IL: University of Chicago Press, 2010.
- Baddeley, A, et al. *Memory*. NY: Psychology Press, 2009.
- Baer, M, and GR Oldham. "The curvilinear relation between experienced creative time pressure and creativity: moderating effects of openness to experience and support for creativity." *Journal of Applied Psychology* 91, 4 (2006): 963-970.
- Baumeister, RF, and J Tierney. *Willpower*. NY: Penguin Books, 2011.
- Beilock, S. *Choke*. NY: Free Press, 2010.
- Bengtsson, SL, et al. "Extensive piano practicing has regionally specific effects on white matter development." *Nature Neuroscience* 8, 9 (2005): 1148-1150.
- Bilalić, M, et al. "Does chess need intelligence? — A study with young chess players." *Intelligence* 35, 5 (2007): 457-470.
- Bilalić, M, et al. "Why good thoughts block better ones: The mechanism of the pernicious Einstellung (set) effect." *Cognition* 108, 3 (2008): 652-61.
- Boice, R. *Procrastination and Blocking*. Westport, CT: Praeger, 1996.
- Bouma, A. *Lateral Asymmetries and Hemispheric Specialization*. Rockland, MA: Swets & Zeitlinger Publishers, 1990.
- Bransford, JD, et al. *How People Learn*. Washington, DC: National Academy Press, 2000.
- Brent, R, and RM Felder. "Learning by solving solved problems." *Chemical Engineering Education* 46, 1 (2012): 29-30.
- Brown, JS, et al. "Situated cognition and the culture of learning." *Educational Researcher* 18, 1 (1989): 32-42.
- Buzan, T. *Use Your Perfect Memory*. NY: Penguin, 1991.
- Cai, Q, et al. "Complementary hemispheric specialization for language production and visuospatial attention." *PNAS* 110, 4 (2013): E322-E330.
- Cannon, DF. *Explorer of the Human Brain*. NY: Henry Schuman, 1949.
- Carey, B. "Cognitive science meets pre-algebra." *New York Times* Sep 2 (2012). <http://www.nytimes.com/2013/09/03/science/cognitive-science-meets-pre-algebra.html?ref=science>.

- Carpenter, SK, et al. "Using spacing to enhance diverse forms of learning: Review of recent research and implications for instruction." *Educational Psychology Review* 24, 3 (2012): 369-378.
- Carson, SH, et al. "Decreased latent inhibition is associated with increased creative achievement in high-functioning individuals." *Journal of Personality and Social Psychology* 85, 3 (2003): 499-506.
- Cat, J. "On understanding: Maxwell on the methods of illustration and scientific metaphor." *Studies In History and Philosophy of Science Part B* 32, 3 (2001): 395-441.
- Charness, N, et al. "The role of deliberate practice in chess expertise." *Applied Cognitive Psychology* 19, 2 (2005): 151-165.
- Chase, WG, and HA Simon. "Perception in chess." *Cognitive Psychology* 4, 1 (1973): 55-81.
- Chi, MTH, et al. "Categorization and representation of physics problems by experts and novices." *Cognitive Science* 5, 2 (1981): 121-152.
- Chiesa, A, and A Serretti. "Mindfulness-based stress reduction for stress management in healthy people: A review and meta-analysis." *Journal Alternative Complementary Medicine* 15, 5 (2009): 593-600.
- Cho, S, et al. "Hippocampal-prefrontal engagement and dynamic causal interactions in the maturation of children's fact retrieval." *Journal of Cognitive Neuroscience* 24, 9 (2012): 1849-1866.
- Christman, SD, et al. "Mixed-handed persons are more easily persuaded and are more gullible: Interhemispheric interaction and belief updating." *Laterality* 13, 5 (2008): 403-426.
- Chu, A, and JN Choi. "Rethinking procrastination: Positive effects of 'active' procrastination behavior on attitudes and performance." *Journal of Social Psychology* 145, 3 (2005): 245-264.
- Colvin, G. *Talent Is Overrated*. NY: Portfolio, 2008.
- Cook, ND. *Tone of Voice and Mind*. Philadelphia, PA: John Benjamins Publishing Co., 2002.
- _____. "Toward a central dogma for psychology." *New Ideas in Psychology* 7, 1 (1989): 1-18.
- Cooper, G, and J Sweller. "Effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem-solving transfer." *Journal of Educational Psychology* 79, 4 (1987): 347.
- Cowan, N. "The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity." *Behavioral and Brain Sciences* 24, 1 (2001): 87-114.
- Coyle, D. *The Talent Code*. NY: Bantam, 2009.
- Cree, GS, and K McRae. "Analyzing the factors underlying the structure and computation of the meaning of chipmunk, cherry, chisel, cheese, and cello (and many other such concrete nouns)." *Journal of Experimental Psychology - General* 132, 2 (2003): 163-200.
- Dali, S. *Fifty Secrets of Magic Craftsmanship*: Dover, 1948 (reprint 1992).
- de Bono, E. *Lateral Thinking*. NY: Harper Perennial, 1970.
- DeFelipe, J. "Brain plasticity and mental processes: Cajal again." *Nature Reviews Neuroscience* 7, 10 (2006): 811-817.
- DeFelipe, J. *Cajal's Butterflies of the Soul: Science and Art*. NY: Oxford University Press, 2010.
- DeFelipe, J. "Sesquicentenary of the birthday of Santiago Ramón y Cajal, the father of modern neuroscience." *Trends in Neurosciences* 25, 9 (2002): 481-484.
- Demaree, H, et al. "Brain lateralization of emotional processing: Historical roots and a future incorporating 'dominance'." *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews* 4, 1 (2005): 3-20.
- Derman, E. *Models. Behaving. Badly*. New York, NY: Free Press, 2011.
- Deslauriers, L, et al. "Improved learning in a large-enrollment physics class." *Science* 332, 6031 (2011): 862-864.
- Dijksterhuis, A, et al. "On making the right choice: The deliberation-without-attention effect." *Science* 311, 5763 (2006): 1005-1007.
- Doidge, N. *The Brain that Changes Itself*. NY: Penguin, 2007.
- Drew, C. "Why science majors change their minds (it's just so darn hard)." *New York Times*, Nov 4 2011.

- Duckworth, AL, and ME Seligman. "Self-discipline outdoes IQ in predicting academic performance of adolescents." *Psychological Science* 16, 12 (2005): 939-944.
- Dudai, Y. "The neurobiology of consolidations, or, how stable is the engram?" *Annual Review of Psychology* 55 (2004): 51-86.
- * Duhigg, C. *The Power of Habit*. NY: Random House, 2012 [Чарлз Дахітт. Сила звички. Чому ми діємо так, а не інакше в житті та бізнесі. — К. : Клуб Сімейного Дозвілля, 2016].
- Duke, RA, et al. "It's not how much; it's how: Characteristics of practice behavior and retention of performance skills." *Journal of Research in Music Education* 56, 4 (2009): 310-321.
- Dunlosky, J, et al. "Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology." *Psychological Science in the Public Interest* 14, 1 (2013): 4-58.
- * Dweck, C. *Mindset*. NY: Random House, 2006 [Двек Керол. Налаштуйся на зміни. Нова психологія успіху. — К. : Наш формат, 2017].
- Edelman, S. *Change Your Thinking with CBT*. NY: Ebury Publishing, 2012.
- Efron, R. *The Decline and Fall of Hemispheric Specialization*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1990.
- Ellenbogen, JM, et al. "Human relational memory requires time and sleep." *PNAS* 104, 18 (2007): 7723-7728.
- Ellis, AP, et al. "Team learning: Collectively connecting the dots." *Journal of Applied Psychology* 88, 5 (2003): 821.
- Elo, AE. *The Rating of Chessplayers, Past and Present*. Batsford London, 1978.
- Emmett, R. *The Procrastinator's Handbook*. NY: Walker & Company, 2000.
- Emsley, J. *The Elements of Murder*. NY: Oxford University Press, 2005.
- Ericsson, KA. *Development of Professional Expertise*. NY: Cambridge University Press, 2009.
- Ericsson, KA, et al. "The making of an expert." *Harvard Business Review* 85, 7/8 (2007): 114.
- Fauconnier, G, and M Turner. *The Way We Think*. NY: Basic Books, 2002.
- Felder, RM. "Memo to students who have been disappointed with their test grades." *Chemical Engineering Education* 33, 2 (1999): 136-137.
- Felder, RM, et al. "A Longitudinal Study of Engineering Student Performance and Retention. V. Comparisons with Traditionally-Taught Students." *Journal of Engineering Education* 87, 4 (1998): 469-480.
- Ferriss, T. *The 4-Hour Body*. NY: Crown, 2010.
- * Feynman, R. *The Feynman Lectures on Physics Vol. 2*. NY: Addison Wesley, 1965.
- _____. "Surely You're Joking, Mr. Feynman". NY: W. W. Norton, 1985 [Річард Фейнман. Та ви жартуєте, містере Фейнман! Пригоди допитливого дивака. — К. : Наш формат, 2017].
- _____. *What Do You Care What Other People Think?* Reprint ed. New York, NY: W.W. Norton & Company, 2001.
- Fields, RD. "White matter in learning, cognition and psychiatric disorders." *Trends in Neurosciences* 31, 7 (2008): 361-370.
- Fiore, NA. *The Now Habit*. NY: Penguin, 2007.
- Fischer, KW, and TR Bidell. "Dynamic development of action, thought, and emotion." In *Theoretical Models of Human Development. Handbook of Child Psychology*, edited by Damon, W and RM Lerner. NY: Wiley, 2006.
- Foer, J. *Moonwalking with Einstein*. NY: Penguin, 2011.
- Foerde, K, et al. "Modulation of competing memory systems by distraction." *PNAS* 103, 31 (2006): 11778-11783.
- Gabora, L, and A Ranjan. "How insight emerges in a distributed, content-addressable memory." In *Neuroscience of Creativity*, edited by Vartanian, O, et al. Cambridge, MA: MIT Press, 2013.

- Gainotti, G. "Unconscious processing of emotions and the right hemisphere." *Neuropsychologia* 50, 2 (2012): 205-218.
- Gazzaniga, MS. "Cerebral specialization and interhemispheric communication Does the corpus callosum enable the human condition?" *Brain* 123, 7 (2000): 1293-1326.
- Gazzaniga, MS, et al. "Collaboration between the hemispheres of a callosotomy patient: Emerging right hemisphere speech and the left hemisphere interpreter." *Brain* 119, 4 (1996): 1255-1262.
- Geary, DC. *The Origin of Mind*. Washington, DC: American Psychological Association, 2005.
- _____. "Primal brain in the modern classroom." *Scientific American Mind* 22, 4 (2011): 44-49.
- Geary, DC, et al. "Task Group Reports of the National Mathematics Advisory Panel; Chapter 4: Report of the Task Group on Learning Processes." (2008). <http://www2.ed.gov/about/bdscomm/list/mathpanel/report/learning-processes.pdf>.
- Gentner, D, and M Jeziorski. "The shift from metaphor to analogy in western science." In *Metaphor and Thought*, edited by Ortony, A. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1993.
- Gerardi, K, et al. "Numerical ability predicts mortgage default." *Proceedings of the National Academy of Sciences* (2013).
- Giedd, JN. "Structural magnetic resonance imaging of the adolescent brain." *Annals of the New York Academy of Sciences* 1021, 1 (2004): 77-85.
- Gladwell, M. *Outliers*. NY: Hachette 2008.
- Gleick, J. *Genius*. NY: Pantheon Books, 1992.
- Gobet, F. "Chunking models of expertise: Implications for education." *Applied Cognitive Psychology* 19, 2 (2005): 183-204.
- Gobet, F, et al. "Chunking mechanisms in human learning." *Trends in Cognitive Sciences* 5, 6 (2001): 236-243.
- Gobet, F, and HA Simon. "Five seconds or sixty? Presentation time in expert memory." *Cognitive Science* 24, 4 (2000): 651-682.
- Goldacre, B. *Bad Science*. London, UK: Faber & Faber (Reprint ed), 2010.
- Graham, P, "Good and bad procrastination." 2005, <http://paulgraham.com/procrastination.html> (accessed Feb 17 2013).
- Granovetter, M. "The strength of weak ties: A network theory revisited." *Sociological Theory* 1, 1 (1983): 201-233.
- Granovetter, MS. "The strength of weak ties." *American Journal of Sociology* (1973): 1360-1380.
- Greene, R. *Mastery*. NY: Viking, 2012.
- Guida, A, et al. "How chunks, long-term working memory and templates offer a cognitive explanation for neuroimaging data on expertise acquisition: A two-stage framework." *Brain and Cognition* 79, 3 (2012): 221-44.
- Güntürkün, O. "Hemispheric asymmetry in the visual system of birds." In *The Asymmetrical Brain*, edited by Hugdahl, K and RJ Davidson, 3-36. Cambridge, MA: MIT Press, 2003.
- Hake, RR. "Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses." *American Journal of Physics* 66 (1998): 64-74.
- Halloun, IA, and D Hestenes. "The initial knowledge state of college physics students." *American Journal of Physics* 53, 11 (1985): 1043-1055.
- Houdé, O. "Consciousness and unconsciousness of logical reasoning errors in the human brain." *Behavioral and Brain Sciences* 25, 3 (2002): 341-341.
- Houdé, O, and N Tzourio-Mazoyer. "Neural foundations of logical and mathematical cognition." *Nature Reviews Neuroscience* 4, 6 (2003): 507-513.
- Immordino-Yang, MH, et al. "Rest is not idleness: Implications of the brain's default mode for human development and education." *Perspectives on Psychological Science* 7, 4 (2012): 352-364.

- Ji, D, and MA Wilson. "Coordinated memory replay in the visual cortex and hippocampus during sleep." *Nature Neuroscience* 10, 1 (2006): 100-107.
- Johansson, F. *The Click Moment*. NY: Penguin, 2012.
- Johnson, S. *Where Good Ideas Come From*. NY: Riverhead, 2010.
- Kalbfleisch, ML. "Functional neural anatomy of talent." *The Anatomical Record Part B: The New Anatomist* 277, 1 (2004): 21-36.
- Kankwamba, W, and B Mealer. *The Boy Who Harnessed the Wind*. NY: William Morrow, 2009.
- Karpicke, JD. "Retrieval-based learning active retrieval promotes meaningful learning." *Current Directions in Psychological Science* 21, 3 (2012): 157-163.
- Karpicke, JD, and JR Blunt. "Response to comment on 'Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping'" *Science* 334, 6055 (2011): 453-453.
- Karpicke, JD, and JR Blunt. "Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping." *Science* 331, 6018 (2011): 772-5.
- Karpicke, JD, et al. "Metacognitive strategies in student learning: Do students practice retrieval when they study on their own?" *Memory* 17, 4 (2009): 471-479.
- Karpicke, JD, and PJ Grimaldi. "Retrieval-based learning: A perspective for enhancing meaningful learning." *Educational Psychology Review* 24, 3 (2012): 401-418.
- Karpicke, JD, and HL Roediger. "The critical importance of retrieval for learning." *Science* 319, 5865 (2008): 966-968.
- Kaufman, AB, et al. "The neurobiological foundation of creative cognition." *Cambridge Handbook of Creativity* (2010): 216-232.
- Kell, HJ, et al. "Creativity and technical innovation: Spatial ability's unique role." *Psychological Science* (2013).
- Keller, EF. *A Feeling for the Organism, 10th Anniversary Edition: The Life and Work of Barbara McClintock*. 10th anniversary ed. NY: Times Books, 1984.
- Keresztes, A, et al. "Testing promotes long-term learning via stabilizing activation patterns in a large network of brain areas." *Cerebral Cortex*, (Advance access published Jun 24) (2013).
- Kinsbourne, M, and M Hiscock. "Asymmetries of dual-task performance." In *Cerebral Hemisphere Asymmetry*, edited by Hellige, JB, 255-334. NY: Praeger, 1983.
- Klein, G. *Sources of Power*. Cambridge, MA: MIT Press, 1999.
- Klein, H, and G Klein. "Perceptual/cognitive analysis of proficient cardio-pulmonary resuscitation (CPR) performance." In *Midwestern Psychological Association Conference*. Detroit, MI, 1981.
- Klingberg, T. *The Overflowing Brain*. NY: Oxford University Press, 2008.
- Kornell, N, et al. "Unsuccessful retrieval attempts enhance subsequent learning." *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 35, 4 (2009): 989.
- Kounios, J, and M Beeman. "The Aha! moment: The cognitive neuroscience of insight." *Current Directions in Psychological Science* 18, 4 (2009): 210-216.
- Leonard, G. *Mastery*. NY: Plume, 1991.
- Leutner, D, et al. "Cognitive load and science text comprehension: Effects of drawing and mentally imaging text content." *Computers in Human Behavior* 25 (2009): 284-289.
- Levin, JR, et al. "Mnemonic vocabulary instruction: Additional effectiveness evidence." *Contemporary Educational Psychology* 17, 2 (1992): 156-174.
- Longcamp, M, et al. "Learning through hand- or typewriting influences visual recognition of new graphic shapes: Behavioral and functional imaging evidence." *Journal of Cognitive Neuroscience* 20, 5 (2008): 802-815.
- Luria, AR. *The Mind of a Mnemonist*. Translated by Solotaroff, L. NY: Basic Books, 1968.
- Lutz, A, et al. "Attention regulation and monitoring in meditation." *Trends in Cognitive Sciences* 12, 4 (2008): 163.

- Lützen, J. *Mechanistic Images in Geometric Form*. NY: Oxford University Press, 2005.
- Lyons, IM, and SL Beilock. "When math hurts: Math anxiety predicts pain network activation in anticipation of doing math." *PLoS ONE* 7, 10 (2012): e48076.
- Maguire, EA, et al. "Routes to remembering: The brains behind superior memory." *Nature Neuroscience* 6, 1 (2003): 90-95.
- Mangan, BB. "Taking phenomenology seriously: The 'fringe' and its implications for cognitive research." *Consciousness and Cognition* 2, 2 (1993): 89-108.
- Mastascusa, EJ, et al. *Effective Instruction for STEM Disciplines*. San Francisco, CA: Jossey Bass, 2011.
- McClain, DL. "Harnessing the brain's right hemisphere to capture many kings." *New York Times*, Jan 24 2011. http://www.nytimes.com/2011/01/25/science/25chess.html?_r=0.
- McCord, J. "A thirty-year follow-up of treatment effects." *American Psychologist* 33, 3 (1978): 284.
- McDaniel, MA, and AA Callender. "Cognition, memory, and education." In *Cognitive Psychology of Memory, Vol 2 of Learning and Memory*, edited by Roediger, HL, 819-843. Oxford, UK: Elsevier, 2008.
- McGilchrist, I. *The Master and His Emissary*. New Haven, CT: Yale University Press, 2010.
- Mihov, KM, et al. "Hemispheric specialization and creative thinking: A meta-analytic review of lateralization of creativity." *Brain and Cognition* 72, 3 (2010): 442-8.
- Mitra, S, et al. "Acquisition of computing literacy on shared public computers: Children and the 'hole in the wall.'" *Australasian Journal of Educational Technology* 21, 3 (2005): 407.
- Morris, PE, et al. "Strategies for learning proper names: Expanding retrieval practice, meaning and imagery." *Applied Cognitive Psychology* 19, 6 (2005): 779-798.
- Nakano, T, et al. "Blink-related momentary activation of the default mode network while viewing videos." *PNAS* 110, 2 (2012): 702-706.
- National Survey of Student Engagement. *Promoting Student Learning and Institutional Improvement: Lessons from NSSE at 13*. Bloomington, IN: Indiana University Center for Postsecondary Research, 2012.
- Newport, C. *So Good They Can't Ignore You*. NY: Business Plus, 2012.
- Niebauer, CL, and K Garvey. "Gödel, Escher, and degree of handedness: Differences in interhemispheric interaction predict differences in understanding self-reference." *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition* 9, 1 (2004): 19-34.
- Nielsen, JA, et al. "An evaluation of the left-brain vs. right-brain hypothesis with resting state functional connectivity magnetic resonance imaging." *PLOS ONE* 8, 8 (2013).
- Noesner, G. *Stalling for Time*. NY: Random House, 2010.
- Nyhus, E, and T Curran. "Functional role of gamma and theta oscillations in episodic memory." *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 34, 7 (2010): 1023-35.
- Oakley, BA. "Concepts and implications of altruism bias and pathological altruism." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110, Supplement 2 (2013): 10408-10415.
- Pachman, M, et al. "Levels of knowledge and deliberate practice." *Journal of Experimental Psychology* 19, 2 (2013): 108-119.
- Partnoy, F. *Wait*. NY: PublicAffairs, 2012.
- Pashler, H, et al. "When does feedback facilitate learning of words?" *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 31, 1 (2005): 3-8.
- Paul, AM. "The machines are taking over." *The New York Times*, Sep 14 2012. <http://www.nytimes.com/2012/09/16/magazine/how-computerized-tutors-are-learning-to-teach-humans.html?pagewanted=all>.
- _____. "You'll never learn! Students can't resist multitasking, and it's impairing their memory." *Slate* May 3 (2013).

- http://www.slate.com/articles/health_and_science/science/2013/05/multitasking_while_studying_divided_attention_and_technological_gadgets.3.html [accessed May 7, 2013].
- Pert, CB. *Molecules of Emotion*. NY: Scribner, 1997.
- Pesenti, M, et al. "Mental calculation in a prodigy is sustained by right prefrontal and medial temporal areas." *Nature Neuroscience* 4, 1 (2001): 103-108.
- Pintrich, PR, et al. "Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change." *Review of Educational Research* 63, 2 (1993): 167-199.
- Plath, S. *The Bell Jar*. New York, NY: Harper Perennial, 1971.
- Prentis, JJ. "Equation poems." *American Journal of Physics* 64, 5 (1996): 532-538.
- President's Council of Advisors on Science and Technology. *Engage to Excel: Producing One Million Additional College Graduates with Degrees in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. 2012. http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-engage-to-excel-final_feb.pdf [accessed Aug 25, 2013]
- Pyc, MA, and KA Rawson. "Why testing improves memory: Mediator effectiveness hypothesis." *Science* 330, 6002 (2010): 335-335.
- Raichle, ME, and AZ Snyder. "A default mode of brain function: A brief history of an evolving idea." *NeuroImage* 37, 4 (2007): 1083-1090.
- Ramachandran, VS. *Phantoms in the Brain*. NY: Harper Perennial, 1999.
- Ramón y Cajal, S. *Advice for a Young Investigator*. Translated by Swanson, N and LW Swanson. Cambridge, MA: MIT Press, 1999 [1897].
- _____. *Recollections of My Life*. Cambridge, MA: MIT Press, 1937. Originally published as *Recuerdos De Mi Vida* in Madrid, 1901-1917, translated by Craigie, E. Horne.
- Rawson, KA, and J Dunlosky. "Optimizing schedules of retrieval practice for durable and efficient learning: How much is enough?" *Journal of Experimental Psychology: General* 140, 3 (2011): 283.
- Rivard, LP, and SB Straw. "The effect of talk and writing on learning science: An exploratory study." *Science Education* 84, 5 (2000): 566-593.
- Rocke, AJ. *Image and Reality*. Chicago, IL: University of Chicago Press, 2010.
- Roediger, HL, and AC Butler. "The critical role of retrieval practice in long-term retention." *Trends in Cognitive Sciences* 15, 1 (2011): 20-27.
- Roediger, HL, and JD Karpicke. "The power of testing memory: Basic research and implications for educational practice." *Perspectives on Psychological Science* 1, 3 (2006): 181-210.
- Roediger, HL, and MA Pyc. "Inexpensive techniques to improve education: Applying cognitive psychology to enhance educational practice." *Journal of Applied Research in Memory and Cognition* 1, 4 (2012): 242-248.
- Rohrer, D, et al. "Interleaved practice improves mathematics learning." submitted (2013).
- Rohrer, D, and H Pashler. "Increasing retention without increasing study time." *Current Directions in Psychological Science* 16, 4 (2007): 183-186.
- _____. "Recent research on human learning challenges conventional instructional strategies." *Educational Researcher* 39, 5 (2010): 406-412.
- Root-Bernstein, RS, and MM Root-Bernstein. *Sparks of Genius*. NY: Houghton Mifflin, 1999.
- Ross, J, and KA Lawrence. "Some observations on memory artifice." *Psychonomic Science* 13, 2 (1968): 107-108.
- Schoenfeld, AH. "Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics." In *Handbook for Research on Mathematics Teaching and Learning*, edited by Grouws, D. NY: MacMillan, 1992.
- Schutz, LE. "Broad-perspective perceptual disorder of the right hemisphere." *Neuropsychology Review* 15, 1 (2005): 11-27.

- Scullin, MK, and MA McDaniel. "Remembering to execute a goal: sleep on it!" *Psychological Science* 21, 7 (2010): 1028-35.
- Shannon, BJ, et al. "Premotor functional connectivity predicts impulsivity in juvenile offenders." *PNAS* 108, 27 (2011): 11241-11245.
- Shaw, CA, and JC McEachern, eds. *Toward a Theory of Neuroplasticity*. NY: Psychology Press, 2001.
- Silverman, L. *Giftedness 101*. NY: Springer, 2012.
- Simon, HA. "How big is a chunk?" *Science* 183, 4124 (1974): 482-488.
- Simonton, DK. *Creativity in Science*. NY: Cambridge University Press, 2004.
- _____. *Scientific Genius*. NY: Cambridge University Press, 2009.
- Sklar, AY, et al. "Reading and doing arithmetic nonconsciously." *PNAS* 109, 48 (2012): 19614-19619.
- Smoker, TJ, et al. "Comparing memory for handwriting versus typing." In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 53, 1744-1747, 2009.
- Solomon, I. "Analogical transfer and 'functional fixedness' in the science classroom." *Journal of Educational Research* 87, 6 (1994): 371-377.
- Spear, LP. "Adolescent neurodevelopment." *Journal of Adolescent Health* 52, 2 (2013): S7-S13.
- Steel, P. "The nature of procrastination: A meta-analytic and theoretical review of quintessential self-regulatory failure." *Psychological Bulletin* 133, 1 (2007): 65-94.
- _____. *The Procrastination Equation*. NY: Random House, 2010.
- Stickgold, R, and JM Ellenbogen. "Quiet! Sleeping brain at work." *Scientific American Mind* 19, 4 (2008): 22-29.
- Sweller, J, et al. *Cognitive Load Theory*. NY: Springer, 2011.
- Takeuchi, H, et al. "The association between resting functional connectivity and creativity." *Cerebral Cortex* 22, 12 (2012): 2921-2929.
- _____. "Failing to deactivate: The association between brain activity during a working memory task and creativity." *NeuroImage* 55, 2 (2011): 681-7.
- Taylor, K, and D Rohrer. "The effects of interleaved practice." *Applied Cognitive Psychology* 24, 6 (2010): 837-848.
- Thomas, C, and CI Baker. "Teaching an adult brain new tricks: A critical review of evidence for training-dependent structural plasticity in humans." *NeuroImage* 73 (2013): 225-36.
- Thompson-Schill, SL, et al. "Cognition without control: When a little frontal lobe goes a long way." *Current Directions in Psychological Science* 18, 5 (2009): 259-263.
- Tice, DM, and RF Baumeister. "Longitudinal study of procrastination, performance, stress, and health: The costs and benefits of dawdling." *Psychological Science* 8, 6 (1997): 454-458.
- University of Utah Health Care Office of Public Affairs "Researchers debunk myth of 'right-brain' and 'left-brain' personality traits." (2013). http://healthcare.utah.edu/publicaffairs/news/current/08-14-13_brain_personality_traits.html [accessed Aug 14].
- Velay, J-L, and M Longcamp. "Handwriting versus typewriting: Behavioural and cerebral consequences in letter recognition." In *Learning to Write Effectively*, edited by Mark Torrance, et al. Bradford, UK: Emerald Group Publishing, 2012.
- Wan, X, et al. "The neural basis of intuitive best next-move generation in board game experts." *Science* 331, 6015 (2011): 341-6.
- Weick, KE. "Small wins: Redefining the scale of social problems." *American Psychologist* 39, 1 (1984): 40-49.
- White, HA, and P Shah. "Creative style and achievement in adults with attention-deficit/hyperactivity disorder." *Personality and Individual Differences* 50, 5 (2011): 673-677.

- White, HA, and P Shah. "Uninhibited imaginations: Creativity in adults with attention-deficit/hyperactivity disorder." *Personality and Individual Differences* 40, 6 (2006): 1121-1131.
- William, J. *Talks to Teachers on Psychology: And to Students on Some of Life's Ideals*. Rockville, MD: ARC Manor, 2008, 1899.
- Wilson, T. *Redirect*. New York, NY: Little, Brown and Company, 2011.
- Wissman, KT, et al. "How and when do students use flashcards?" *Memory* 20, 6 (2012): 568-579.
- Xie, L, et al. "Sleep drives metabolite clearance from the adult brain." *science* 342, 6156 (2013): 373-377.
-