

Щоправда, Кеплер розмірковував про складання гарматних ядер, а його гіпотезу вдалося довести лише у 1998 році за допомогою 50 тисяч рядків комп'ютерного коду. Тоді американський вчений Томас Гейлз дійшов висновку, що найщільніше спакувати апельсини можна, якщо перший шар викласти ніби квадратом, щоб кожен апельсин торкався чотирьох апельсинів поруч. Тоді, якщо викладати наступний шар у щілини між фруктами першого шару, у вас вийде найщільніше з можливих у цьому просторі пакування. Або гранецентрована кубічна ґратка.

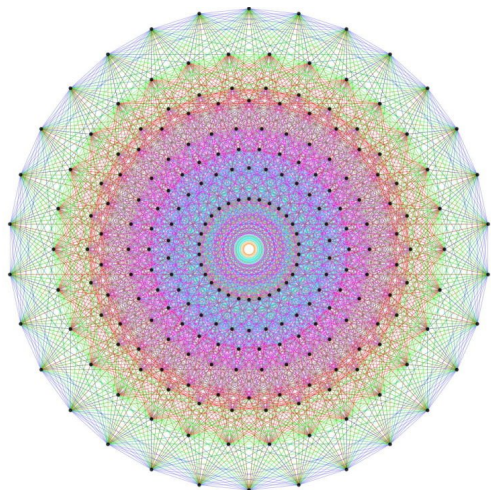
Втім, попри те, що це інтуїтивно проста задача, яка просить знайти найкраще пакування для першого шару куль, а потім вкладати у доступний простір наступні, довести, що певне пакування є найкращим — набагато складніше. Тому до 2016 року математики знали лише як пакувати кулі у коробки у двох і трьох вимірах. Марині В'язовській же вдалося спакувати їх у 8- і 24-вимірні «коробки». Вона показала, що ідеальним пакуванням стануть решітка E_8 та решітка Ліча — найбільше куль у такі коробки поміститься, якщо розмістити їх так, щоб їхні центри складали такі решітки.

А тепер про задачу розкаже сама науковиця.

«Єдине питання - знайти допоміжну функцію»

Розкажіть, будь ласка, про що була ваша робота, що її відзначив Міжнародний математичний союз?

Ця задача — це просте геометричне питання, яке виникло дуже давно, і насправді є дуже природним: якщо у вас є дуже велика коробка, велика на всі боки, висока і широка, і у вас є необмежений запас однакових куль, то скільки ви зможете їх у цю коробку вкласти? І якщо розмір коробки набагато набагато більший за розмір кулі, то ефекти, які відбуваються на границі цієї коробки, тобто біля її стінок, вже не мають великого значення. Питання тоді інше: наскільки щільно ці кулі можна запакувати. Важливим стає, скільки куль може вміститися на одиницю об'єму. Тобто про форму самої коробки можна взагалі-то і забути: вона може бути квадратною або сама бути величезною кулею. І тоді важливим лишається лише об'єм.



Це решітка E_8 , з якою Марина В'язовська спакувала кулі у 8-вимірному просторі

До вас проблемою 8-вимірних і 24-вимірних «коробок» займалися математики Генрі Кон і Ноам Елкіс. Вони також дійшли висновку, що для 8-вимірного простору ідеальною є решітка E_8 , а для 24-вимірного — решітка Ліча

Кон і Елкіс придумали метод доведення розв'язку, який потребує побудови допоміжної функції, але вони цю допоміжну функцію отримали неточно, а лише приблизно. А мені вдалося знайти явну формулу для цієї допоміжної функції.

Контекст:

Метод Генрі Кона та Ноама Елкіса **дає можливість** оцінити, яке пакування буде найщільнішим. Вони і виявили, що у розмірностях 8 і 24 решітки E_8 та Ліча будуть найоптимальнішими. Однак їхні розрахунки говорили про це з точністю 0,0001 відсотка. А завдяки Марині В'язовській вдалося знайти таку допоміжну функцію, яка показала, що варіантів щільнішої упаковки у цих просторах не існує.

Задача з пакування куль сумнозвісна складними доказами інтуїтивно очевидних фактів, а також безнадійно важкими невирішеними проблемами. Тому так чудово бачити відносно простий доказ глибокої теореми для пакування куль

Генрі Кон, співавтор Марини В'язовської у статті з розв'язком для 24-вимірного простору

Першою вийшла стаття з вашим розв'язком для 8-вимірного простору. А вже буквально за кілька днів ви опублікували розв'язок для 24-вимірного простору. А для інших просторів такий розв'язок підійде?

Самі Кон і Елкіс пробували це робити. В кожній розмірності їхній метод дає якусь оцінку, але у більшості випадків ця оцінка далека від щільності існуючих можливих конфігурацій пакування: вони «не дотягують» до границі, яку дає теорема Кона —



Елкіса. Мабуть, ситуація така, що в інших розмірностях не існує допоміжної функції, яка давала б оптимальний розв'язок. Ми цього не знаємо напевне, але у нас є сильні експериментальні докази цьому завдяки обчисленням.

Просто 24-вимірний простір — це простір, для якого чисельно було зрозуміло, що той самий метод дає теж оптимальний розв'язок. Єдине питання було, знову ж таки, знайти явний вигляд цієї допоміжної функції. У пошуках оптимальної функції за методом Кона — Елкіса ми знаходимо якусь, яка дає найкращу границю. Але ця найкраща границя все одно дає значення дуже далеко від щільності існуючих пакувань. Наприклад, зараз ця задача також розв'язана у розмірностях 1,2,3 та 4. Причому у чотиривимірному просторі теорема Кона — Елкіса насправді не дає строгої оцінки, яка була б близька. Всі майже впевнені, що оптимальне пакування у розмірності 4 — це решітка D_4 . Але навіть знайдене за допомогою обчислювальної оптимізації гарне наближення до оцінки найщільнішого пакування у цьому просторі все одно далеко від щільності решітки D_4 . Тобто ця границя, знайдена методом Кона — Елкіса, говорить, що можливо, є якась інша решітка, яка ще краща, ніж D_4 на якусь кількість відсотків.

Можливо, розв'язок знайдеться не завдяки цьому методу допоміжних функцій, а наприклад, завдяки більш прямому геометричному підходу

Тому, щоб наблизитися до розв'язку у чотиривимірному просторі, треба теорему Кона — Елкіса замінити якоюсь іншою сильнішою теоремою. А наступним кроком буде, як я собі уявляю, знайти для розмірності 4 якусь чисельну дуже гарну оцінку, яка майже точна. Хоча, можливо, у розмірності чотири буде використано якийсь інший метод, ближчий до розв'язку цієї задачі з пакування куль у тривимірному просторі, який знайшов математик Томас Гейлз. До того ж, крім обмежень теореми Кона — Елкіса є ще і інші обмеження, яких ця теорема не бачить, тому треба шукати інші методи для інших просторів. І можливо, розв'язок знайдеться не завдяки цьому методу допоміжних функцій, а наприклад, завдяки більш прямому геометричному підходу, як це зробив Гейлз у тривимірному просторі.

До речі про Гейлза. Його розв'язок для тривимірного простору, хоч разом із комп'ютерним кодом, займає майже 300 сторінок. А ваш для 8-вимірного і 24-вимірного всього 23 і 12

Трошки комп'ютерного коду і у мене є, бо я звела задачу до того, що якась конкретна функція, наприклад, не має від'ємних значень і задовольняє нерівностям, які я вже доводила за допомогою комп'ютера. На відміну від мого розв'язку, Гейлз не використовував допоміжні функції, а розв'язував через більш геометричний підхід: аналізував, яким може бути саме пакування.

Якщо ми подивимося на якесь пакування куль, то ми можемо поділити простір для них на клітинки — комірки Вороного. Це схоже на те, як місто можна поділити на райони за принципом яка станція метро найближча: комірку Вороного утворює кожна найближча до заданої точки, наприклад станції метро, точка. І якщо у нас є пакування сфер, до того ж ми ще і думаємо, що це пакування найоптимальніше, то ці комірки Вороного мають певні геометричні обмеження, адже вони мають бути якоїсь форми. І якщо пакування дійсно щільне, то об'єм цієї комірки має бути маленьким, але при цьому вмійувати кулю. Так розв'язується задача у двовимірному просторі, де розв'язок говорить, що найменша комірка Вороного буде шестикутником.

Щоб зробити задачу «істівною» для комп'ютера, треба оці самі 300 сторінок тексту, щоб математичні ідеї Гейлза впакувати у якісь програми, які міг би виконати комп'ютер

У тривимірному ж просторі все набагато гірше, бо комірка Вороного — це такий політоп у тривимірному просторі, яка буде сусідньою з 12 іншими. Гейлз мав обмежити об'єм не просто однієї комірки Вороного, щоб вмістити у неї кулю, а і всіх інших, які мають з нею спільні точки. Тобто будував комірку Вороного і ще шар таких комірок навколо. І при цьому мінімізувати об'єм треба задовольняючи доволі нетривіальним геометричним обмеженням, що також є складною функцією. І це виходить дуже складна обчислювальна задача, яка хоч і скінченна, та має велику кількість параметрів. І щоб зробити задачу «істівною» для комп'ютера, треба оці самі 300 сторінок тексту, щоб математичні ідеї Гейлза впакувати у якісь програми, які міг би виконати комп'ютер. Ця задача — це не тільки велика кількість підзадач, а і задача комбінаторна, тобто як ці клітинки можуть одна з одною зчеплюватися. І вийшло так, що потрібно з геометричної задачі прийти до якоїсь скінченної кількості розв'язуваних задач на оптимізацію, а потім ще розв'язати їх всі коректно.

І в цьому метод оптимальних функцій вигідніший, адже дає можливість про всі ці складнощі не думати. Теорема Кона і Елкіса насправді дуже коротка і красива: вона говорить, що треба знайти лише цей об'єкт, допоміжну функцію, та показати, що він задовольняє обмеженням. І ці обмеження набагато простіші і зрозуміліші, ніж геометричні обмеження комірок Вороного, які використовував Гейлз. Тому в мене і текст коротший, і програма коротша. Але я би хотіла наголосити, що метод Кона — Елкіса, на жаль, не дає точної оцінки в розмірності 3. І тому робота Гейлза — це велике досягнення яке на разі не має альтернатив.

Але математичній спільноті розв'язок Гейлза «не сподобався». Вони 4 роки його перевіряли і сумнівалися у розв'язку, який «пропонував комп'ютер». Як ви довели, що ваш розв'язок остаточний для пакування у просторах, які ви розглядали?

Просто є розв'язок і є доведення. Доведення — це прості твердження, кожне з яких випливає з попереднього. І або людина, або комп'ютер має прочитати і довести це. Хоча питання цікаве: який насправді ідеал строгості в математиці. Це, до речі, те, над чим працює Гейлз. На мою думку, цікавий проєкт, де він створює системи автоматичної перевірки математики. І з одного боку, це краще, тому що людині ми не довіряємо, а комп'ютеру довіряємо. А з іншого боку, а чому людині не довіряємо, а комп'ютеру довіряємо?

Мені здається, що насправді мають бути люди, які вміють читати формальні



математичні доведення і є носіями цієї «експертності», але непогано було б мати інструменти, що можуть підстрахувати. Одне іншого не заміняє. До того ж, доведення Гейлза доволі складне, але ж це був текст написаний для людей: текст, який пояснює, що насправді відбувається, в чому ідея і в чому суть методу, і текст, що дуже чітко вказує, які частини доведення ми маємо довірити комп'ютеру. І це також має бути ретельно описаним, щоб була можливість перевірити. Хоча, звичайно, варто шукати простих і зрозумілих аргументів, і на першому місці мають бути ідеї, а вже на другому — технічні аспекти.



«Я ж професійний математик»

Як ви обирали спеціалізацію? От ви прийшли вчитися на мехмат Шевченка. І як потім прийшли до пакування куль?

Не знаю, мені здається, що це доволі природно складалося. Коли студент приходить на перший курс, то ми вчимо всі розділи математики. А потім є можливість розуміти, що більше, а що менше подобається. І у такому більш широкому сенсі мені подобається геометрія, але не алгебраїчна і формальна, а така «наївна» — ближча до фізики, ближча до аналізу. Мені подобається «абстрактність» математики, для мене це скоріше плюс, ніж мінус. До того ж, коли вже починаєш вивчати математику, то бувають різні рівні абстрактного, тому це не проблема.

А чому саме пакування куль? Чому не яка-небудь інша задача?

Ні, ну я якби ж професійний математик, тобто я займаюся задачами, які ще відкриті, щодо яких є інтерес і щодо яких є надія, що їх можна буде скоро розв'язати. До того як взяти цю задачу, я вже працювала в аналізі і, можна сказати, в геометрії. Тому питання з оптимізації були мені не чужими і тому я вирішила спробувати зайнятися пакуванням куль.

А є якийсь азарт? Сьогодні робота над пакуванням куль, завтра гіпотеза Рімана чи ще яка-небудь нерозв'язувана століттями задача

Ну звичайно. Щоправда, гіпотеза Рімана — це не моя улюблена гіпотеза з точки зору того, над чим я працюю. Хоча я б не сказала, що вона дуже далека від моєї роботи, я б сказала, що навіть болісно близька. До того ж знаєте, гіпотеза Рімана — це така теорія, яка з одного боку зруйнувала життя багатьох людей, а з іншого боку репутацію багатьох людей. Тому я трошки її побоююсь. Але мені здається, що якимось багатоманітним чином інших цікавих питань. Я вже ж не така стара людина і сподіваюся років 50-60 прожити. Тож треба себе якимось займати весь цей час.

В одному з інтерв'ю ви говорили, що математика вас захопила через олімпіади, що також був азарт. А коли ви вже «дорослий математик», є ця конкуренція?

Звичайно! Як і серед будь-яких людей. Сама академічна система цьому сприяє, адже створена так, що люди мають конкурувати за можливість опублікувати свою статтю у гарному журналі, фінансування отримати, яке зазвичай на конкурентній основі. Але це нормально для істот нашого виду.

На пенсію ж в 40 років не підеш — це було б занадто сумно

Ви отримали Філдсівську премію. Тобто математична спільнота говорить «ви класна математикиня». Це значить, що ви вже на вершині конкуренції?

Ну мабуть, що ні. Завжди ж є питання «а що далі? а тепер що?». Крім того, Філдсівська премія — це не Нобелівська. Так, вона найпрестижніша. Але її дають молодим математикам, щоб стимулювати працювати далі. Нобелівську ж дають вже коли думають «ну мабуть до наступного року не доживе, а посмертно ж не даємо, тому треба відзначити». Але це, звісно, жарт, бо серед нобелівських лауреатів є багато молодих людей. А у математиці, виходить, навпаки. Хоча насправді є багато людей, які отримавши цю премію, зовсім змінюють свій напрямок. Часто звертаються до якихось більш прикладних задач чи міждисциплінарних. Бо на пенсію ж в 40 років не підеш — це було б занадто сумно.

А вам є куди змінити напрямок?

Ну стільки всього! Звичайно є. Є задачі з геометричної оптимізації, які мені ще б хотілося розв'язати, а потім вже можна і щось інше робити. А, можливо, насправді одне й інше треба робити паралельно.



НОВИНИ ПАРТНЕРІВ

РЕКЛАМА

А ви кожного дня розв'яжете якісь задачки? Чи це як велосипед: вже навчився і добре?

Як говорила Аліса з «Країни див», треба бігти з усіх ніг, щоб залишатися там, де ти стоїш, а якщо хочеш кудись таки прибігти, то треба бігти в два рази швидше. Десь так воно і є. Все змінюється і розвивається, і хочеться, щоб у власній роботі був прогрес. Але з іншого боку, це відбувається ніби автоматично. Є студенти, з якими я працюю, є курси, які я читаю. От я читаю курс дискретної математики і маю до нього придумувати якісь задачки. А перед тим, як давати їх студентам, я маю їх сама розв'язувати. Звісно, я не беру для себе спеціально книжку з матаналізу «а ну порозв'язую я задачки».

Але, наприклад, якщо з'являється якась стаття, яка звучить дуже класно, то я намагаюся прочитати. А щоб її зрозуміти, треба зазвичай теж кілька якихось обчислень зробити. Або я їду на колоквіум до колеги, і для того, щоб зрозуміти, про що колега каже, треба напружитися. І у своїх дослідженнях, звісно, коли я намагаюся якусь задачу важливу розв'язати, я розбиваю її на кілька маленьких, і ось вже їх я розв'язую.

Тобто математика все ще виклик?

Це завжди так. Хоча, і це іноді засмучує людей, якщо людина зробила одне щось добре, це не значить, що вона зробить добре щось інше. Тобто якщо один раз в чомусь був успіх, то це не значить, що він буде завжди. Так, ти вже пройшов якийсь відбір, але гарантій немає.

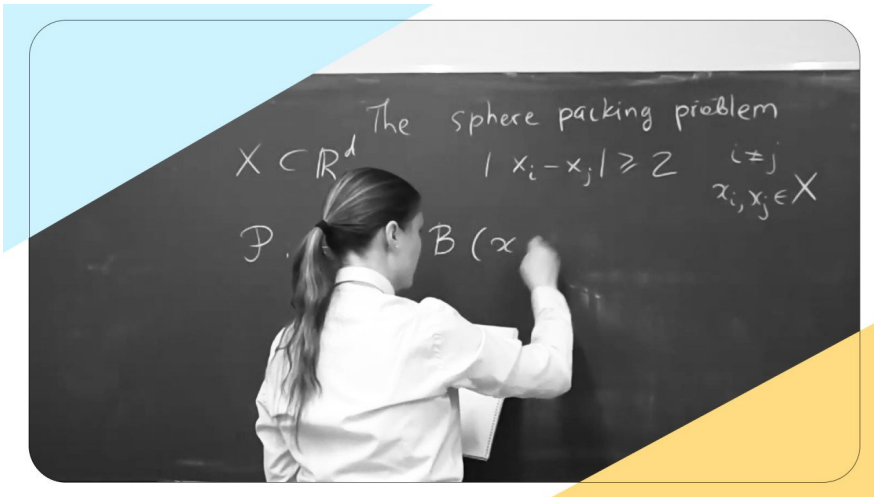
Я взагалі не дуже вірю, що існують таланти. Для мене талант — це більше зацікавленість

Яку роль в цьому грає талант?

Я взагалі не дуже вірю, що існують таланти. Для мене талант — це більше зацікавленість. Не те, що ти можеш, наприклад, дихати під водою. Тобто не якісь здібності, яких у інших людей немає. Це скоріше цікавість до чогось і можливість це робити довгий час. І якщо ти щось можеш робити довгий час, то ти вже через практику стаєш вправнішим. Тож перше місце — це якась зацікавленість. Насправді ж думати дуже неприємно. І у нас є багато біологічних механізмів, які не дають над чимось дуже сильно замислюватися. І мабуть, для багатьох активностей, які люди пов'язують з талантом, головне — це якась вміння зламати цей механізм хоч би частково. А далі вже практика.

Тобто ваш успіх — це досвід і наснага?

Чи це я така чарівна і в мене все завжди виходить? Це комбінація факторів насправді. Я думаю, що не дуже чарівна, і думаю, нічого чарівного у мені немає. Але сподіваюся, що є в мене якісь гарні якості, які мені допомогли. І які зможуть допомогти у майбутньому. До того ж поруч завжди багато молодих, спраглих і голодних людей, яким цікаво конкурувати.



«Те, що має залишатися у кінці — це все ж таки розуміння того, як влаштований наш світ»

От ви займаєтеся викладанням, науковою роботою. А коли є вільний час, чим ви займаєтеся? Якоюсь іншою математикою?

Ну так можна було б з глузду з'їхати. Хоча іноді мені здається, що іншого часу немає. Треба поспати, розв'язати родинні справи. Взагалі я люблю бігати, кілька років тому для себе це відкрила. Коли я була молодшою, якимось до спорту я ставилася не серйозно. У школі завжди намагалася пропустити. А тепер жалію насправді. Тож нехай, якщо молоді читачі будуть нас читати, я б сказала, що треба з дитинства займатися спортом. Насправді це класно і важливо, а зокрема для математики, біг — це гарний спосіб перезавантажити мозок і фізично не розвалитися.

Математика не сниться?

Ну буває, але це вже якийсь поганий симптом.

А є якась улюблена задачка?

Якщо чесно, то ні. Я їм всім вдячна, але мені здається, що те, що має залишатися у

кінці — це все ж таки розуміння того, як влаштований наш світ. А як ми до цього прийшли — це вже другорядне. Коли ми розв'язуємо задачу, то була якась ідея всередині, яка запам'ятовується: «це правильно, отак треба думати». А потім вона стає лише частиною картини світу, частинкою пазлу.

Але у цьому сенсі математику можна ніби назвати «інструментом» для фізиків?

Це дуже утилітарний і аморальний підхід! Як ніби я прийду і всі вишеньки з тортика поз'їдаю, а тісто їсти не буду. Бо насправді ж математика дає дуже багато гарного і практичного. Як такий black box: отримав відповідь, а я собі з цієї відповіді щось розробив — айпад, наприклад! До того ж математика є частиною філософії. До гуманітарних філософів нам важко дійти, але мені здається, що фізики мають бути на нашому боці і мають розуміти, що математика — це не просто якийсь там інструмент, як викрутка. Це ідеї! Які повинні ставати частиною фізичного розуміння.

Математика, яка була придумана сто років тому, змінює світ зараз. А потім цей світ змінить нас

Але ж іноді дуже багато часу іноді займає для математичної ідеї, щоб стати частиною фізичного розуміння. Оразу ж нема результату

Це так і є, але ми граємо в довгу! Науково-технічний прогрес, який дає нам стільки всього гарного і так покращує наше життя — це дуже довгий процес. Здавалося б, навіщо мені вчити математику, якщо я вже знайшла собі відео котиків у своєму телефоні. Але математики впливають на фізиків і інженерів, а ті своєю чергою змінюють життя навколо математиків, змушуючи нас по іншому думати, спостерігати якісь явища, які людина у 19 столітті просто не могла спостерігати. Можливо, математики у 19 столітті і були розумніші за сучасних, але багатьох речей просто не було. Натомість вони вже є навколо нас. І пропускаючи крізь цей досвід математику, яка була придумана ще сто років тому, ми змінюємо світ. А потім цей світ змінить нас. Так і відбувається той самий науково-технічний прогрес.

Контекст:

*І задача Марини В'язовської здатна змінити світ. Її розв'язок **має** цілком практичне використання: коди виправлення помилок у системах зв'язку. Уявіть собі якусь кількість (у даному випадку 8 і 24) сигналів, які передаватимуть інформацію, яку ви не хочете втратити. Вони і стануть кулями. І задача з щільного їх пакування підказує, як ці сигнали розмістити так, щоб вони були достатньо далеко один від одного, аби у випадку зашумлення ми могли побачити, який саме сигнал спотворився, але при цьому не переплутати його з іншим.*



«Сенс математики — це саме ідеї»

А як популяризувати математику?

Дуже часто, коли люди вивчають математику, упор робиться на різні технічні речі. Тобто ми повинні якнайшвидше, мало не за секундоміром, виконувати множення, ділення, вчити табличку множення. Мабуть, це непоганий фітнес для мозку. Але сенс математики — це саме ідеї. Бо дуже-дуже технічні аспекти математики людині буде складно розуміти. При цьому є багато ідей, які може зрозуміти будь-хто. Однак чомусь в 11 класі всі розв'язують надскладні нерівності з логарифмами, пропускаючи математичні концепції, що мають прямий стосунок до нашого життя. Хоча в цьому є такий парадокс: математика настільки розвинута, що вже просто являє такий собі математичний пакет, black box, який використовують, наприклад, фізики.

Також в навчанні математика — це, скажу таке лайливе слово, основа критичного мислення. Хоча сам термін вже втратив свою репутацію, бо людина може сказати якусь страшну таку нісенітницю, а потім додати, що «це ж критичне мислення», але математика все ж основа цього. І люди здатні це інтуїтивно відчувати, хоча, наприклад, дуже мало, хто знає, що таке математичне і формальне доведення. Також багато хто каже, що математика — це красиво. І мені здається, що це ще одна з речей того, як можна популяризувати математику.

Математика — це не страшно

Як не боятися математики? Вам же не страшно

Не страшно, але це як survival bias. Мені здається, що наша українська пострадянська школа була до учнів може і не жорстока, але жорстка. Я думаю, ви розумієте, про що я кажу. Я не можу сказати, що це було дуже правильно і дуже гарно, але з іншого боку, я одна з тих людей, на кого це дуже деструктивно не вплинуло: «що не вбиває, робить нас сильнішими». От з моєю сестрою згадували вчительку математики, яка була у мене в середній школі, до того як я перейшла в математичну. І я її згадую як класну вчительку, все так гарно і зрозуміло пояснювала. У мене про неї дуже приємні спогади, на які, я думаю, вона заслуговує. Але якщо про це сказати моїй сестрі, то вона і досі її боїться: каже, іноді бувають кошмари, що її викликають до дошки.

От ми заговорили про українську школу. Багато українських вчених, зокрема математиків, працюють за кордоном. Це тому що у нас така гарна школа, що можна поїхати працювати за кордон?

Тут два фактори. З одного боку, хоча наша шкільна система і вищі навчальні заклади у великому стресі, і часто люди працюють, як то кажуть, не завдяки, а всупереч. Але вона дає знання. Знаєте, у мене така думка, що талант у світі рівномірно розподілений між всіми людьми. І в Україні нас точно не обділили цим талантом. Крім того, у нас дуже сильні традиції. Це дуже важливо, що є вчителі, учні яких також стають вчителями і передають не лише знання, як множити в стовпчик, а і як цьому навчити. Старі вчителі — це ж не просто вчителі, а залізни люди з надзвичайною дисципліною, з надзвичайним ставленням до себе, до роботи, до предмета. І це повинне передаватися від людини до людини. І все це у нас є.

Вся українська наука отримує грошей стільки, скільки один гарний американський університет

Але чого у нас, мені здається, немає — так це, на жаль, підтримки суспільства, яке цього не цінує і не розуміє цієї цінності. У нас буде чудова інноваційна економіка, стартапи, але хто навчить людей цього всього? Я розумію, що багато було проблем і буде ще більше. Але так: люди їдуть, що значить, що їхня підготовка дозволяє їм конкурувати на ринку праці. Але з іншого боку, часто люди їдуть не через вибір, а тому що в Україні робота науковця погано оплачується. Мені важко критикувати українську систему, бо я не всередині. Але я от читаю, що обрали нового голову НАН, який каже, що вся українська наука отримує грошей стільки, скільки один гарний американський університет.

Нещодавно в Україні проходило тестування PISA, де Україна ніби набрала якийсь не дуже високий бал. Але мені дуже сподобався потім аналіз, де якщо порівнювати Україну з країнами з таким самим фінансуванням на освіту і науку, тобто скільки витрачають на школу, то Україна займає високі місця. Тобто українська школа і наука надзвичайно ефективні. І хотілося б, щоб висновком було не «давайте ще зменшимо фінансування і якось воно там буде», а все ж таки знайти спосіб його збільшити.

Я розумію, що зараз ситуація в Україні надзвичайно складна і ще довго буде складною. Але мені дуже важливою у цьому здається позиція суспільства. Я не розуміюся на тому, як відбувається розподіл бюджету. Але я розумію, що у суспільства має бути запит на кращу школу і гарну зарплатню вчителям. Щоб працювати у школу йшли мотивовані люди, а не люди, які не знайшли іншої роботи.

А чому так, на вашу думку, відбувається?

Моя думка нефахова, але я думаю, що у нас значні травми після розпаду Союзу, деіндустріалізації, коли люди з гарною технічною освітою з'ясували, що ця освіта не може їх прогнати і вони мали торгувати сигаретами на ринку. Це грає свою роль. Наука не на часі тоді, коли у людей нема можливості забезпечити свої потреби.

Хоча насправді я б сказала, що думка про те, що люди розуміють, для чого потрібна наука, не така уже і тривіальна. І я б не сказала, що люди у всьому світі багато про це думають і багато розуміють. Те, що ми з вами розмовляли, що це гра в довгу, що все те, що вкладається сьогодні, насправді повернеться, можливо, через багато років, викликає багато боротьби і дискусій. Адже багато людей думають, що це привабливо зараз — економити на науці.

Є небезпека, що у людей може виникати хибна віра у власну експертність у питаннях, де у них насправді експертності немає

Попри те, що є багато гарних видань і ютуб-каналів, де люди роблять чудову роботу і популяризують науку, потрібно, щоб кількість переходила в якість. Адже інколи може виникати хибне враження про те, що «ось я прочитав журнал з біології і я тепер експерт в мРНК вакцинах». Але ж є причина для того, щоб аби дійсно розумітися на мРНК, треба років 10 навчатися і мати практику. Тож є небезпека, що у людей може виникати хибна віра у власну експертність у питаннях, де у них насправді експертності немає.

То треба всім вчити математику для критичного мислення?

Ми всі любимо прості рішення. От хтось скаже, що хоче дізнатися про мРНК, а його пошлють почитати десяток книжок з математики. Це теж неправильно. Просто це тяжка робота, яку усім треба робити. Це питання, де немає простої відповіді. Ми як науковці робимо нашу частину, ви як журналісти-популяризатори — вашу, а суспільство має робити свою частину роботи. Освіта — це одна з таких речей, як ніби чистити зуби. Це треба робити кожного ранку і не можна начиститися на місяць вперед. Треба весь час працювати і сподіватися на краще.

МАРИНА КАЧУРА, опубліковано у виданні **NAUKA.ua**

На цю тему:

- **Почему мы до сих пор не знаем, сколько измерений у запаха. О феноменологии духа** На эту тему:
- **Исследователи: запах еды запоминается через рот**
- **Синдром больного здания: в чем причина недуга?**
- **Пораженный гениальностью. Как удар по голове превратил продавца диванов в гения**
- **Сколько можно продержаться без еды? Как человеческий организм реагирует на голод**
- **Научиться языку кустов**

Share 1

Читайте «Аргумент» в [Facebook](#) и [Twitter](#)

Если вы заметили ошибку, выделите ее мышкой и нажмите **Ctrl+Enter**.

Коментарі

ВІДЕО

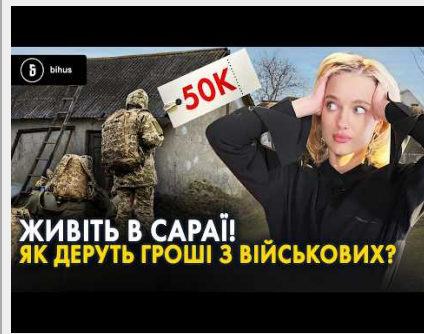
Про що не можна було жартувати в СРСР



HEAVY SHOT, VAMPIRE, NEMESIS: як «Баба Яга» б'є ок*пантів



Воюєш? Плати більше! 50к за оренду і космічні комісії: як виглядає ринок житла на фронті?



[Головна](#) [Про сайт](#) [Опитування](#)

© 2011 «АРГУМЕНТ»

Републікація матеріалів: для інтернет-видань обов'язковим є пряме гіперпосилання, для друкованих видань – за запитом через електронну пошту. **Посилання або гіперпосилання повинні бути розташовані при використанні тексту - на початку використовуваної інформації, при використанні графічної інформації - безпосередньо під об'єктом запозичення.** При републікації в електронних виданнях у кожному разі використання вставляти гіперпосилання на головну сторінку сайту argumentua.com та на сторінку розміщення відповідного матеріалу. За будь-якого використання матеріалів не допускається зміна оригінального тексту. Скорочення або перекомпонування частин матеріалу допускається, але тільки в тій мірі, якою це не призводить до спотворення його сенсу.

Редакція не несе відповідальності за достовірність рекламних оголошень, розміщених на сайті, а також за вміст веб-сайтів, на які дано гіперпосилання.

Контакт: uargumentum@gmail.com