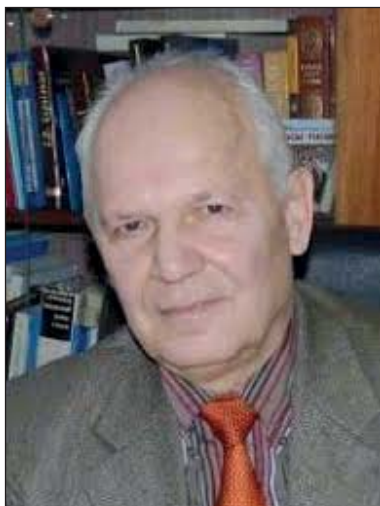


# ЧИ СПРИЯЄ НАУЦІ НАДМІРНЕ ПОЖВАВЛЕННЯ НАВКОЛО НАУКОВИХ ПОДІЙ?

Що занадто, то не здорово  
Старовинна польська приказка



**Вадим Локтєв**  
доктор фіз.-мат. наук, професор,  
академік НАН України,  
академік-секретар  
Відділення фізики і астрономії  
НАН України, м. Київ

**Д**о написання цієї невеликої статті мене спонукала досить ординарна обставина, а саме: початок Президією НАН України організаційних заходів з метою прийняття постанови щодо створення в Академії Науково-консультативної ради з проблеми квантових досліджень, у підготовці якої, до речі, наше Відділення приймало активну участь, що є абсолютно природним і закономірним. А дещо раніше Президія – також постановою – створила Раду з проблеми штучного інтелекту.

Не має жодних сумнівів, що обидві проблеми є актуальними і надзвичайно потрібними, і в світі ними наразі займаються десятки лабораторій і тисячі дослідників, що є незаперечним фактом сучасного наукового життя. Останнє є неоднорідним у часі й просторі в тому простому сенсі, що наукові події є непередбачуваними, трапляються, можна впевнено стверджувати, коли завгодно і де завгодно (мається на увазі у будь-якій країні, де здійснюються наукові дослідження). При цьому не можна не додати, що незважаючи на відмічену неоднорідність, більш або менш цікаві результати отримуються неперервно, може, навіть щодня і повсюдно, а відповідна наукова інформація про них розповсюджується через їхню публікацію у наукових журналах або через оприлюднення на Міжнародних фахових конференціях.

Таким чином, нові знання стають відомими науковій спільноті, яка їх аналізує, перевіряє, узагальнює і використовує, після чого вони входять до вжитку, стають матеріалом для написання монографій або підручників. А найбільш цікаві результати знаходять своє відображення у науково-популярній літературі, завдяки якій про успіхи, досягнення, а головне – застосування науки дізнаються широкі кола пересічних громадян, що так чи інакше можуть оцінити її та її корисність і не заперечувати підтримці подальших наукових пошуків через сплату податків. І хоча інколи певні результати стають досить відомими, все одно ними цікавляться або фахівці, або знаттєлюбні громадяни, відносна кількість яких, насправді, не дуже велика навіть у науково розвинених країнах. Єдине, що доречно зауважити стосовно неоднорідності, це те, що імовірність появи наукового результату, який стане достатньо відомим, вища у тих країнах, де наука знаходиться під пильною увагою, де вчені є поважними і шанованими персонами, яким і суспільство, і влада довіряють і яких цінують.

Водночас, якщо подивитись на наукове життя трошки ретроспективно, то легко помітити, що час від часу світ несподівано і сильно збурюється саме якимось науковим результатом, який набуває, не буде перебільшенням заявити, шаленого розголосу, далеко виходячи за межі фахових і просто питливих суспільних груп. Не буду згадувати подібні буми, викликані загальною теорією відносності Айнштейна чи створенням квантової механіки і наступним передбаченням античастинок, про можливість присутності яких навіть й гадки не було, що ми пережили приблизно 100 років тому<sup>1</sup>, а назву ті, які сталися на очах старшого і середнього поколінь нині працюючих вчених: до таких віднесу 1) спостереження *високотемпературної надпровідності* і відкриття високотемпературних надпровідників (ВТНП), про що говорили лише фантасти, бо фізики, і серед них серйозні, припускали, що надпровідність при високих температурах чимось (правда чим, залишалася невідомим) принципово заборонена як явище; 2) синтез молекули *фуллерена*, симетрія якої, що відмічалася у класичному підручнику «Квантова механіка» *Лева Ландау* і *Євгена Ліфшиця*, не може бути дозволена самою природою; 3) отримання *Андре Геймом* і *Костянтином Новосьоловим* зразків *графену* – двовимірних одношарових (а отже, одноатомних) за товщиною клаптиків речовини, існування чого взагалі

<sup>1</sup> Із зрозумілих причин я згадую події, що стосуються фізики

заборонялося строгою теорією, тобто вважалося також неможливим, а тепер вивчення низькорозмірних систем перетворилося на один з магістральних напрямів сучасної фізики. Натомість, те, що вважалося неможливим, було відкрито, виміряно, підтверджено іншими експериментами і швидко оцінено врученням авторам Нобелівських премій.

Ми досі пам'ятаємо, як ці події обговорювалися не тільки у наукових виданнях, а й на шпальтах не наукових щоденних газет і журналів, про них говорили по ТБ, на спеціальних публічних лекціях, можна було почути з розмов простих громадян навіть у громадському транспорті. Особливо великий бум викликало явище ВТНП, яке збудило багато сподівань на кшталт того, що ми вступили в нову еру виробництва і передачі електричних сигналів, в якій людство матиме можливість жити у фантастичних умовах майже безопорної (іншою мовою, гранично енергоощадної) електроенергетики. Нічим не прикритий ентузіазм і віра були такими, що в СРСР був створений Науково-технічний комітет, який персонально очолив Голова Ради Міністрів (!), прийнята відповідна Державна програма, гроші на яку для якомога скорішого досягнення мети миттєво знайшлися і потекли в наукові установи рікою. Не помилюсь, якщо скажу, що палке бажання займатися проблемою ВТНП виявили тисячі фізиків, які до того питаннями надпровідності не займалися і мало що в ній розуміли. Суспільство було втягнуто у поточні дослідження настільки, що біля дверей деяких лабораторій чергували журналісти, щоб найсвіжіші результати без рецензування і перевірки оприлюднювалися у ЗМІ.

Таке продовжувалося десь три-чотири роки, впродовж яких вийшло приблизно стільки публікацій з проблем ВТНП, скільки за попередні приблизно пів століття з фізики надпровідності взагалі. І що ж ми отримали у залишку? Якщо чесно, то практично нічого, якщо говорити про велику енергетику чи взагалі про щось по-справжньому варте уваги. Тим не менш, сама проблема породила багато питань, але на головне з них відповідь вже була – ВТНП можлива! Тому дотепер нею в світі активно займаються, але ажіотаж, ні на що по суті не вплинувши, давно пішов геть, і нормальні поточні, тобто рутинні, дослідження продовжуються, позаяк багато фізичних і матеріалознавчих питань відповіді ще не мають і хвилюють своєю непізнаваністю.

Звісно, було чимало різного роду сподівань, викликаних і відкриттями фулеренів та графенів, але далеко не всі прогнози справдилися, а дослідження через деякий час, як і у випадку ВТНП, перейшли у розряд звичайних наукових пошуків, без надмірної та й взагалі без якоїсь цілеспрямованої уваги з боку суспільства і навіть спеціалістів з інших напрямів фізичних або хімічних досліджень.

Тепер наукова «атмосфера» теж, як на мене, знаходиться в стані підігріву, або явно підвищеної уваги до певних суто наукових проблем. Мені невідомо, чи відчувають або чи помітили новий бум мої колеги, але він, безумовно, має місце: який журнал або газету не візьмеш, побачиш заголовки про чергові революційні результати у науці, назва якої майже усім відома зі школи, – квантова механіка, але тепер під дуже вміло підібраними гаслами *квантових матеріалів* і *квантових технологій*. Коли вони відповідають дійсності,

то сміливо можна і, мабуть, треба говорити про другу квантову революцію. І якщо під час першої її хвилі квантові явища лише вивчалися з метою їхнього пізнання і поступового звикання до них, то друга хвиля, на відміну від неї, претендує на досягнення в більш широкому аспекті, включаючи інформаційні технології, що мають змінити не наші уявлення про світ або про нас самих, а сам світ разом з нами. То там, то сям повідомляється про успіхи квантових стартапів, про колосальне фінансування так званих квантових обчислень, які за твердженнями нададуть можливості розкрити таємниці багатьох фізичних, хімічних, біологічних, а також соціально-економічних процесів, ляжуть в основу створення квантового інтернету або сенсорів з нечуваною чутливістю, в сотні разів помножити швидкість і обчислювальні спроможності найбільших діючих наразі суперкомп'ютерів.

Я не можу похвалитись, що досконало знаю квантову механіку, але її вивчав, успішно здавав іспити і деякі квантові явища, зокрема оптичні, розраховував в своїх власних дослідженнях, результати яких приймалися для опублікування в журналах, що віднесені до групи Q1. Але навіть з таким «квантовим бекграундом» вимушений був поцікавитись, трошки розібратися з наразі популярними квантовими обчисленнями, які набрали впевненої, а також вельми потужної ходи, і дійшов висновку, майже весь викликаний ними галас це фактично піраміда, що працює за принципом Понці.

Дійсно, уряди багатьох країн навипередки, хто більше, виділяють на відповідні дослідження великі кошти, що, як мені здається, не ґрунтується на жодних надійно прорахованих, раціональних міркуваннях чи розумному уявленні, чого від них (цих обчислень) треба в решті решт очікувати. Приймаються знову-таки держпрограми, гроші на які ніхто не рахує, тому маса досліджень, які начебто здійснюють науково-дослідні фірми, більшість з яких можна вважати сумнівними і які обіцяють за кілька років створити квантовий комп'ютер, залишаються на плаву за рахунок неперервно зростаючого притоку фінансування.

При отриманні грошей при цьому багато замовників посилаються на приклади США і Китаю, які справді є лідерами за сумами, що поглинає індустрія квантових обчислень, хоча у мене складається враження, якого не можу позбутись, що Китай вкладає свої мільярди<sup>2</sup> тому, що такі ж гроші вкладають США, і навпаки. Деякі песимісти, розуміючи, що подібне довго продовжуватись не може, порівнюють ситуацію з міхуром, який рано чи пізно рване, і гроші безповоротно пропадуть, хоча могли б без ажіотажу і зайвих надмірних очікувань підтримати дослідження у суміжних напрямках для розв'язання інших нагальних проблем. Водночас, я залишаюсь свідомим прибічником думки, що незважаючи на це, квантові дослідження, які треба відносити до мультидисциплінарних, що так і є, мають продовжуватися, оскільки в них багато цікавих наукових загадок<sup>3</sup>, розгадка яких вимагає глибокої проробки і певного часу, хоча відповіді не можуть бути лише такими, щоб результати швидко почали використовуватися. Просто погано, коли запити на фінансування супроводжуються обіцянками, які підхоплюють ЗМІ, чим піднімають ступінь суспільних очікувань, що фак-

<sup>2</sup> Я не помилюсь, саме мільярди – Китай з \$15 млрд у 2021 році впевнено посідає перше місце, далі США з \$13 млрд, і це державні кошти, а є ще приватні; так, фірма IBM у 2019 році вклала \$3 млрд.

<sup>3</sup> Саме через це, гадаю, президія НАН України дійшла висновку щодо створення в Академії Науково-координаційної ради з квантових досліджень, про підготовку якої, що можна вважати не тільки науково-організаційною акцією, а й певною мірою науково-політичною – не гоже Академії не реагувати на світові пріоритети розвитку і виклики.

точно примушують грантодавців спонсорувати модні, а не потрібні і вільні від зовнішніх обставин творчі пошуки для отримання знань.

Не буде перебільшенням сказати, що і великі високо-технологічні компанії, теж дивлячись одна на одну, часто приписують своїй продукції властивості, що, буцімто, набуваються за рахунок «кванту», не тому, що він справді проявляє себе, а щоб продемонструвати, що вони оновили своє виробництво і впровадили у нього новітні квантові технології. Як правило, подібне рекламування необхідне для підвищення інтересу публіки до продукції, що природно. При цьому не меншу роль грає й бажання власників, які зазвичай, не мають відповідної освіти, ніколи не чули про, скажімо, рівняння Шредингера, але навчилися складати казки про фантастичні властивості квантових матеріалів і могутність квантових технологій, знайти інвесторів, яким теж по суті мало що зрозуміло у цих технологіях, а от бажань не відставати від передових світових тенденцій і найновіших шляхів розвитку не міряно. Та й чому б не займатися речами, які практично гарантовано забезпечать існування фірми на певний період?

На жаль, вчені теж починають гратися у цю гру і, щоб мати гарні публікації, а на їхній основі вигравати гранти, і, звісно, отримувати «квантові гроші», зловживають певними хитрощами. Досліджує фізик, наприклад, топологічні діелектрики і вивчає, як формування в них безмасових квазічастинок залежить від хабардівської взаємодії, а з'ясувавши це питання, пише, як годиться, статтю. Якщо він її назве «Вплив хабардівської взаємодії на появу діраківських носіїв у топологічних кристалах», то, скоріше за все, її місце у скромних журналах груп Q3 або Q4. А от коли назва при тому ж змісті звучатиме типу «Квантове моделювання впливу хабардівської взаємодії на появу діраківських носіїв у топологічних кристалах», то це вже стає гарною підставою, аби стаття з'явилася у журналах Q1 або Q2, більш престижних і авторитетних на предмет майбутніх грантів, а також імовірного висвітлення результатів у новинах як багатообіцяючу інвестицію у прискорення наближення щасливого майбутнього.

В цілому, квантове співтовариство виявляється багатим на нездорову поведінку, оскільки легкі гроші часто-густо породжуються ажіотажем, джерела якого – нереалістичні, а інколи помилкові обіцянки і такі ж сподівання. Не виключено, що інколи й замовники грошей про це знають або здогадуються, але їхня переважна більшість діє, на жаль, в такій ситуації за принципом – «ціль виправдовує засоби». Хіба не є такими гасла: «квантові обчислення змінять життя», «квантові обчислення захищатимуть персональні дані і гроші клієнтів нашого банку», «квантові обчислення підкажуть, як змінити клімат» або «квантові обчислення допоможуть подолати глобальне потепління» тощо. Може, комусь вони здадуться прийнятними, але я не вірю жодному, а тим більше не підтримаю би тих, хто погодився б давати під них кошти. Вони не спираються на серйозні дослідження, оскільки кількість наразі відомих квантових алгоритмів, які переважають класичні, – одиниці, і ніхто поки що не продемонстрував, що малокубітний квантовий комп'ютер може обчислити щось таке, що недоступно стандартному леп-топу.

Проте не заперечуватиму, що серед кантових результатів є недосяжні раніше перлини, але їх дуже-дуже мало. До останніх можна віднести квантову телепортацію фотонів<sup>4</sup>, яку здійснив австрійський фізик, іноземний член нашої Академії **Антон Цайлінгер** (Anton Zeilinger), за що був удостоєний Нобелівської премії 2022 року. Або демонстрація корпорацією Honeywell (США), що збільшення кількості кубітів з метою прискорення обчислень, але без одночасного зменшення імовірності помилок є безглуздом, тому побудова квантового комп'ютера додатково ускладнюється. Професіоналам це, в принципі, відомо, а от пересічному користувачу і тим більше далеким від науки громадянам ні. А щоб кількість людей, які добре розбираються у технологіях майбутнього, до яких, безумовно, слід віднести квантові та зв'язані з ними інформаційні технології, треба заздалегідь подбати і про навчальні програми для вишів, і про підручники, і про здорову популяризацію квантового світу.

Припускаю, що будь-який неупереджений мій колега, який прочитає ці сердиті рядки, може справедливо зауважити, що навіщо мені піклуватися про гроші, які йдуть від неосвічених багатіїв на різні квантові забаганки, навіть якщо ці гроші підуть нанівещь і зрештою квантовий міхур лусне. Але, гадаю, не все так однозначно і попри отримання висококласних результатів, два з яких згадані вище, в цілому, боюсь, наука і науковці можуть постраждати. Що маю на увазі? Руйнівні для них наслідки, як то:

1) відтік мозку, проте не з країни, що ми надзвичайно сильно відчуваємо, а відтік обдарованих студентів, грамотних постдоків, кваліфікованих фахівців з їхніх, цінних для суспільства, важливих напрямів у наразі процвітаючу за фінансуванням область різноманітних квантових досліджень, слідом за чим суттєво впаде рівень інших наук і їхніх областей, практично безпідставно покинутих наявними (у нас і так кількісно небагатими) кадрами;

2) широке залучення інтересу до наукових, насамперед квантових, досліджень з боку політиків, депутатів різних мастей, нечистих на руку бізнесменів тощо, які намагатимуться керувати ними, виходячи з власних, нічого не маючих спільного з наукою, цілей.

Все це разом узятє є джерелом небезпеки, коли неправдиві обіцянки, що давали некваліфіковані люди під прикриттям квантових обчислень, квантових матеріалів і квантових технологій і, не виключено, іноді за допомогою ймовірного використання шахрайських засобів, що у кінцевому підсумку призвело до краху, оскільки не дало очікуваних результатів, спричинять пряме і справедливе запитання тих же інвесторів, або платників податків: «А де наші гроші?». Це, в свою чергу, може завдати удару по репутації науки і вчених, причому він стосуватиметься науки і вчених в цілому – у світі. Тому, на моє переконання, вчені мають протистояти різного роду бумам у наукових справах і не підтримувати цікавість навіть до правдивих результатів, якщо вона нездорова. Треба вести роз'яснювальну роботу, що, мовляв, ще не все зрозуміло і необхідні додаткові експерименти, аби спостережений факт став надбанням широких верств населення. Отже, епіграф до статті мною обраний правильно і відображає мудрий погляд, якого треба дотримуватись і в науці, і у повсякденному житті. ■

<sup>3</sup> Перенесення квантового стану частинки на скінчену відстань завдяки його переплутуванню з таким же станом віддаленої від неї іншої частинки. При цьому обидві частинки утворюють спільний стан, який і зветься *переплутаним*. При збільшення числа  $N$  частинок кількість переплутаних станів швидко зростає як  $N!$ . Таке можливе лише у квантовій механіці і неможливе у класичній, де переплутування не існує.