

# ВИРІШАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

## Розповідь про те, як науковці Львівського університету були дуже близько до відкриття нобелівського рівня

**С**понукою до оприлюднення цього епізоду послужили два визначні ювілеї: **350-річчя Львівського університету і 100-річчя відкриття явища надпровідності.**



**Ярослав Довгий,**  
заслужений професор  
Львівського національного  
університету  
імені Івана Франка,  
дійсний член НТШ,  
м. Львів

**А**було так. Після епохального відкриття 1911 року явища надпровідності (Г. Камерлінг-Оннес, Нідерланди, Лейденський університет) експериментатори настирливо прагнули "підвищити" критичну температуру  $T_k$ , тобто виявити такі матеріали (метали, сплави), в яких температура переходу у надпровідний стан була б усе вищою.

Такі проекти (а це і теоретично обґрунтована прогностика, й такі технологічні пошуки, й експериментальні дослідження) завжди були пріоритетними, оскільки надпровідна електротехніка й електроніка є базою нової технічної революції.

Пошуки речовин з усе вищою  $T_k$  велися наполегливо у багатьох лабораторіях світу. Час од часу з'являлися сенсаційні повідомлення про синтез матеріалів зі значно вищими  $T_k$ , але ці повідомлення виявлялися хибними. Вони не знаходили незалежних підтверджень. Опис цих "сенсацій" міг би стати предметом окремої повчальної розповіді. "Хибні відкриття" — то цікава сторінка в історії науки, і надпровідність — галузь фізики, що особливо багата на подібні приклади.

Були й інші курйози, і про один із них наша розповідь.

Основна мотивація зусиль теоретиків і експериментаторів, технологів і інженерів-винахідників за століття, що минуло після 1911 р., врешті-решт зводилася до отримання надпровідних матеріалів з усе вищими критичними температурами, можливо, навіть при  $T_k = T_{\text{кімн.}}$ . Як видно з таблиці 1, за 62 роки  $T_k$  "зросла" менш, ніж на 20 К.

Такі надпровідники мають одну істотну хибу: низькі критичні температури, коли єдиним кріоагентом є зріджений гелій (т. зв. "гелієва зона"). Але зріджений гелій навіть сьогодні

важкодоступний для широкого використання. Він вимагає особливих умов зберігання, спеціального обладнання. Все це обходиться недешево.

Інша річ — зріджений азот чи зріджене повітря, які в сотні разів дешевші від гелію. А при  $T_k \sim T_{\text{кімн.}}$  взагалі не було б проблем — охолоджувачем використовували б звичайнісіньку воду.

Так зародилася мрія фізиків про високотемпературні надпровідники. Пошуки тривають століття, триватимуть ще довго...

Про актуальність вивчення надпровідників і зростання зацікавленості світової спільноти у розвитку надпровідникового матеріалознавства свідчить ріст асигнувань технічно розвинутих країн на цю проблематику, зокрема на рис. 1 подано дані про ринок надпровідникового електротехнічного обладнання за прогнозом Світового банку.

Щодо надпровідної електротехніки, то вкажемо тут лише на два прикладних напрямки. Перш за все, це використання надпровідників для передачі електроенергії без втрат. Це ж революція в електротехніці! Бо, як відомо, у звичайних високовольтних лініях електропередачі втрати на джоулеве тепло  $I^2Rt$  оцінюють не менше, ніж 10% передаваної енергії.

Інший важливий напрям — надпровідні електромагніти. Вони мають дві переваги:

- можливість створювати дуже сильні магнітні поля;
- малі енергозатрати.

Без таких магнітів не працювали б такі інженерно-технічні шедеври ХХ-ХХІ ст., як установки керованого термоядерного синтезу "Токамак", ЯМР-томографи, МГД-перетворювачі теплової енергії в електричну, потяги, що рухаються без тертя на магнітних

Таблиця 1.  
Хронологія відкриття надпровідників  
з підвищеними  $T_c$

Матеріал	$T_c$ , К	Рік виявлення надпровідності
$\alpha$ -Hg	4,15	1911
Pb	7,23	1913
Nb	9,25	1930
Nb <sub>3</sub> Sn	18,1	1954
Nb <sub>3</sub> Ga	20,0	1971
Nb <sub>3</sub> Ge	23,2	1973

Рис. 1. Ринок надпровідникового електротехнічного обладнання за прогнозом Світового банку

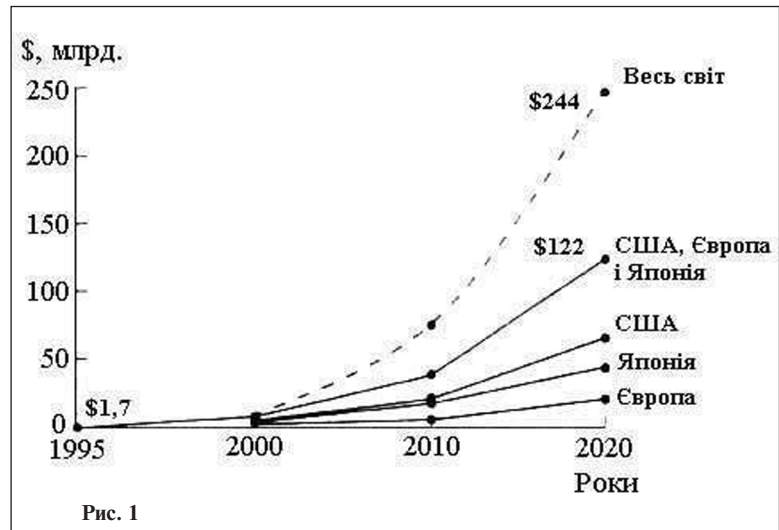


Рис. 1

підвісках над рейками, прискорювачі частинок нових поколінь для досліджень з ядерної фізики та фізики елементарних частинок.

Минав час, а рубіж 1973 року ( $T_c = 23,2$  К) перевершити не вдалося...

Застосуємо тепер спосіб інверсії в часі або композиційне суміщення певних часових періодів, як це часто роблять письменники-романісти. При ретроспективному погляді це цілком можливо. У романі *Оксани Забужко* "Музей покинутих секретів" щодо цього є вельми цікаве розмірковування:

*"От цікаво, ну звідки, спитати б, у нас оця невіpravна зверхність у стосунку до минулого, оце переконання, буцім ми, сьогоднішні, рішуче й категорично мудріші за них, тодішніх, - на тій єдиній підставі, що нам відкрите їхнє майбутнє: що ми знаємо, чим вони всі скінчать?.."*

Отже, подаю сюжет в інвертованому часі.

У 1960-70-х роках у Львівському університеті на кафедрі неорганічної хімії проводилися широким фронтом дослідження перспективних (звідси й фінансування як за бюджетними, так і за госпдоговірними проектами) неорганічних матеріалів класу боратів. Синтезували нові матеріали (кристали, порошки, кераміки), вивчали їхню структуру, фазові діаграми, механічні, магнітні та ін. властивості. Дружно працювали хіміки, технологи, фізики. Близько сотні публікацій, десятки патентів. Вперше були відкриті та ідентифіковані десятки нових структурних типів, що було визнано на міжнародному рівні.

Головною фігурою у циклі вказаних досліджень був талановитий і невтомний науковець *Юрій Кузьма*, за підтримки старших колег *Є.І. Гладшевського*, *П.І. Крип'якевича*, *Є.Є. Черкашина*. Активними учасниками були *Н. Білоніжко*, *С. Сваричевська*, *Н. Чабан*, *Р. Сколоздра*, *Я. Ярмолюк*, *В. Лах*, *Б. Стадник*, *В. Телегус*, *М. Чепіга*, *Ю. Ворошилов*, *Д. Ковалик*, *В. Марків*, *О. Нич*, *В. Фоменко*, *М. Марко*, *Т. Пайташ*, *В. Коваль*, *П. Стародуб*, *С. Михаленко*, *О. Рудакевич*, *М. Фуртак* та ін.

У 1973 році *Юрій Богданович* захистив докторську дисертацію на тему "Дослідження з кристалохімії боратів", 1983 року видав монографію "Кристалохімія боратів".

Серед досліджуваних бінарних, потрійних і чотириелементних боратних систем була сполука  $MgB_2$ . І тепер ми, ставши "мудрішими" у сенсі *О.Забужко*, кажемо:

— Шановний п. Юрію, спробуйте охолодити зразок  $MgB_2$  і поміряти електроопір за низьких температур...

І що ж? Ми ж тепер знаємо: при  $T = 39,5$  К електроопір зразка  $MgB_2$  зникає! Критична температура майже вдвічі більша за попередній рекорд, що його так довго не вдалося здолати... Фантастичні думи, фантастичні мрії...

Описаний епізод міг відбутися, та, на жаль, його не було. Є англійська приказка: "Пізно шкодувати, коли нагода минула"...

А як було насправді?

Справжню сенсацію принесла весна 1986 р. На щасливу стежу вдалося вийти науковцям Цюріхської (Швейцарія) філії американської транснаціональної корпорації ІВМ. Там, у містечку Рюшлікони, що неподалік Цюріха, на початку 1960-х років з ініціативи швейцарського фізика, професора Цюріхського університету *Карла Алекса Мюллера* (1927 р.н.) була створена комплексна експериментально-дослідна лабораторія фірми ІВМ. Тривали дослідження пошукового та розвідкового характеру, як кажуть, з поглядом у перспективу.

У 1982 р., після здобуття докторського ступеня у царині низькотемпературної кристалографії, з фірмою ІВМ уклав контракт і розпочав працю у лабораторії у Рюшлікони здібний дослідник з Німеччини *Йоганнес Георг Беднорц* (1950 р.н.), випускник Мюнстерського університету.

З осені 1983 р. *К.А.Мюллер* та *Й.Г.Беднорц* розпочали цілеспрямовані пошуки способів підвищення  $T_c$ . Ці пошуки завершилися тим, що, охолоджуючи керамічні зразки оксиду міді, барію і лантану ( $La_{2-x}Ba_xCuO_{3+\delta}$ ), *Беднорц* і *Мюллер* зауважили, що при  $x = 0,2$  електричний опір зразка при температурі близько 20 К стрімко спадає до нуля. Відтак, після зміни концентрації барію, при  $x \cong 0,15$  вдалося спостерігати початок стрімкого спаду опору вже при температурі близько 34К.

Рекорд ( $T_c = 23,2$  К), що тримався 13 років, було перевершено відразу на 10 К! Звичайно, це була наукова сенсація. І не дивно, що вже наступного року автори цього відкриття були удостоєні Нобелівської премії.

У чому ж повчальність описаного епізоду? Відповідь: у необхідності співпраці, ширшого погляду на предмет досліджень, ширшої наукової комунікабельності. Це той випадок, коли підказка потрібної ідеї ("спробуйте поміряти електроопір за низьких температур") — неоціненна.

Розмови про "втрачені можливості" ми нині часто чуємо серед політологів. Я розповів про такий епізод у науці. Нехай він буде уроком і водночас доброю згадкою про високий рівень природничо-наукових досліджень у Львівському університеті.