



Юрій Головач
доктор фіз.-мат. наук,
професор,
член-кореспондент НАН України,
зав. лабораторії статистичної
фізики складних систем
Інституту фізики конденсованих
систем НАН України,
м. Львів

Статистична фізика складних систем — один із напрямів досліджень Інституту фізики конденсованих систем НАН України

Нещодавно у науковій громаді Західного наукового центру НАН України і МОН України побільшало академіків і членів-кореспондентів НАН України. Серед них новообраний член-кореспондент — *Юрій Васильович Головач*, завідувач лабораторії статистичної фізики складних систем Інституту фізики конденсованих систем НАН України.

Про те, над чим безпосередньо працює Юрій Васильович на своїй посаді (до речі, він ще й запрошений професор Львівського національного університету імені Івана Франка, університетів імені Йоганна Кеплера (Ліпц, Австрія), імені Анрі Пуанкаре (Нансі, Франція) та Українського католицького у м. Львові) — в розмові, яка пропонується вашій увазі.

— *Юрію Васильовичу, Ви — завідувач лабораторії статистичної фізики та ще й складних систем. Присмо для широкого загалу розшифрувати “складні” складники.*

— Спочатку про статистичну фізику. Це — фізика систем, що складаються із дуже великої кількості частинок. Серед львівської наукової спільноти вона має давні і славні традиції. Досить згадати, що один із основоположників цієї науки — *Мар’ян Смолюховський* — у 1899–1913 рр. працював у Львівському університеті і саме тут написав свої головні роботи. Нині роботи львівських фізиків відомі у світі передусім завдяки діяльності школи академіка *І.Р. Юхновського*. Ігор Раївійлович розробив оригінальні і потужні методи теоретичних досліджень систем взаємодіючих частинок, які дозволили розв’язати серію принципових проблем фізики конденсованої речовини. Він і його учні зробили істотний внесок у розвиток теорії рідин і розчинів електролітів, металів і сплавів, неупорядкованих систем, фазових переходів та критичних явищ. У 1990 році у Львові створено Інститут фізики конденсованих систем НАН України, який нині очолює академік НАН України *Ігор Мриглюд*. Поступово одним із напрямів досліджень, що проводяться в інституті, стала статистична фізика складних систем.

— *То ж переходимо тепер до безпосередньої конкретики — до фізики складних систем?*

— Саме так. Складними системами (*complex systems*) прийнято називати системи, що складаються з

багатьох взаємодіючих складників (у тому числі — нефізичної природи) і поведінка яких може докорінно змінитися від як завгодно малої зовнішньої дії. Вивчення складних систем — це порівняно молодий міждисциплінарний напрям досліджень, що став одним із пріоритетних напрямів світової науки і призвів до появи цілої низки нових дисциплін, серед яких еконо- і соціофізика, численні застосування у біології, лінгвістиці тощо. Особливо плідними при аналізі поведінки складних систем виявився концептуальний апарат і методи статистичної фізики. У такому підході вивчається у якій спосіб індивідуальна поведінка окремих складників (агентів) через взаємодію у системі багатьох агентів породжує колективні ефекти, котрі вже не є простою сумою поведінки окремих частинок.

Щоб підкреслити цю характерну особливість складних систем, Нобелівський лауреат *Філін Андерсон* назвав одну зі своїх статей “*More is different*” — “*Більше — це інакше*”. Теорія складних систем прокладає місток між природничими і соціальними науками, збагачуючи їх, і дозволяє знайти спільну мову представникам різних дисциплін. Нині ми є свідками того, як глибоке зацікавлення з боку фізиків до вивчення складних систем приводить до певної концептуальної революції, до зміни парадигм, до переосмислення самого означення фізики.

Усе це дозволило сказати видатному фізику сучасності *Стівенові Гокінгу*, що XXI століття буде століттям складності (“*I think the next century will be the century of complexity*”).

— *І парешті — про лабораторію статистичної фізики складних систем...*

— У 2010 році в Інституті фізики конденсованих систем НАН України створено лабораторію статистичної фізики складних систем. Зауважте: перший у системі НАН України структурний підрозділ з цієї тематики. За час свого існування лабораторія стала визнаним у світі центром досліджень із фізики складних систем.

Унікальним для українських наукових установ є той факт, що в одній лабораторії виконуються чотири проєкти 7-ї рамкової програми ЄС. Наслідком цієї співпраці можна назвати факт, що лабораторію щороку відвідують близько 20 вчених з-за кордону, тут проводяться понад 30 семінарів щороку і практично всі співробітники лабораторії проходять щорічні стажування у провідних університетах світу.

Ініційовану нами нову форму роботи із молодими вченими (спільно із західними партнерами науковцями керівництвом аспірантами) підтримало керівництво інституту і ВАК України. У 2009 році відбувся перший в Україні спільний захист дисертації, в результаті якого пошукувачу було присуджено два дипломи — український і французький.

Нині ця ініціатива має продовження у формі міжнародного коледжу докторантів (ІФКС НАН України та університети в Нансі, Лейпцигу і Ковентрі), завдяки чому молоді українські науковці мають змогу працювати під керівництвом учених із різних країн і проводити одночасно спільний захист перед кількома вченими радами (журі).

— *То ж які завдання розв'язує лабораторія?*

Серед традиційних фізичних задач, над якими ми працюємо, — задачі фізики макромолекул, у тому числі в біологічних системах, теорії фазових переходів і критичних явищ у структурно-непорядкованих магнетиках. Аналіз колективних ефектів у складних фізичних системах привів до розробки нових методів і концепцій, що з часом були успішно застосовані при описі формально подібних явищ у хімічних, біологічних, соціальних та інших системах, що складаються із багатьох агентів нефізичної природи.

Дослідження багатоагентних систем із специфічними індивідуальними характеристиками та взаємодіями формують новий міждисциплінарний напрям сучасної статистичної фізики складних систем, що об'єднується терміном "екзотичні задачі статистичної фізики", коли методи і концепції цієї вже сформованої науки застосовуються до нефізичних об'єктів. Роботи нашої групи в цій діяльності стосуються теорії складних мереж (*complex networks*), критичних явищ у складних мережах, задач наукометрії, соціо- та екофізики.

Так, застосування теорії випадкових графів і перколяції для дослідження статистичних властивостей мереж громадського транспорту дозволило нам запропонувати еволюційну модель зростання таких мереж і дослідити їх стійкість до випадкових і спрямованих атак.

Результати цих досліджень, налітно апробовані на сторінках провідних фізичних журналів, увійшли і до спеціалізованої літератури (*Journ. Transportation Security*) та отримали значний суспільний резонанс (зокрема висвітлювалися в масмедіа і були представлені членам королівської родини Великої Британії).

Ще один напрям стосується дослідження поведінки людини у віртуальному світі (ці роботи ми виконуємо спільно з науковцями із Секції науки про складні системи Медичного університету Відня та із Лабораторії "розумного" міста Массачусетського технологічного інституту).

— *Ви дійшли аж туди?*

— Звичайно. Ми аналізуємо, зокрема, закономірності в поведінці гравців у комп'ютерні ігри, так званих *massive multiplayer online games*. У наш час участь в таких іграх стала однією із наймасовіших колективних форм діяльності людини — нині в них грають понад сотні мільйонів людей.

У свою чергу, детальні записи про дії гравців створюють надзвичайні можливості для аналізу соціальних явищ із точністю, що наближається до точності природничих наук.

Багато природних чи створених людиною структур мають форму мереж. Як приклади, назву транспортні чи інформаційні мережі, мережі харчування в екосистемах чи мережі взаємодії білків у клітині. В останні роки фізики активно займаються розробкою спільного формалізму, який би дозволив глибше зрозуміти і кількісно описати різні процеси, що відбуваються у таких мережах.

Роботи в цьому напрямі проводять і співробітники нашої лабораторії. Згадаю лише декілька — це аналіз соціальних мереж і зв'язків між героями давніх епосів, дослідження мереж слів та виникнення синтаксису при еволюції мови.

— *Якось доводилося чути про "Ізінгівські читання". Можете їх конкретизувати?*

— У нас відбуваються два постійних семінари, що традиційно проводяться у Львові — "Ізінгівські читання" та "Обрії науки".

Перший із них — щорічний і діє в Інституті фізики конденсованих систем НАН України від 1997 р., присвячений фазовим переходам і критичним явищам та адресований молодим ученим і студентам. Серед його лекторів, поряд з українськими вченими, — відомі фахівці з провідних наукових центрів світу.

Семінар "Обрії науки" діє на міждисциплінарній основі і творить унікальний в Україні майданчик для спілкування і вироблення єдиної візії між природничими та гуманітарними науками, досвідченими вченими і студентами.

Традиційно семінар проводиться в Українському католицькому університеті, його ведемо разом з істориком *Ярославом Грицаком* та астрофізиком *Богданом Новосадим*.

— *Дякую за бесіду.* ■