

НОБЕЛІВСЬКА ПРЕМІЯ – 2013

Щороку 10 грудня у Стокгольмському концертному залі відбувається нагородження лауреатів найвідомішої та найпрестижнішої міжнародної відзнаки – Нобелівської премії, яку присуджують за видатні результати наукових досліджень, революційні винаходи, значний внесок у культуру і розвиток суспільства.

2013 року премію отримали:

- у галузі фізіології і медицини американський біохімік Дж. Ротман, американський цитолог Р. Шекман і німецько-американський нейробиолог Т. Зюдгоф за відкриття, що стосуються механізмів регуляції міжклітинних взаємодій;
 - у галузі фізики – 80-річний бельгійський фізик Ф. Енглер і 84-річний британський фізик-теоретик П. Хіггс за теоретичне відкриття механізму, який допоміг розумінню природи маси субатомних частинок;
 - у галузі хімії – троє вчених із США: хімік-теоретик М. Карплус, біофізик М. Левітт і біохімік А. Варшель – за розвиток багаторівневих моделей складних хімічних систем (до речі, всі троє мають подвійне громадянство);
 - у галузі економіки – американські економісти: Ю. Фама, Л. Хансен і Р. Шиллер за їхні зусилля в емпіричному аналізі цін на активи;
 - у галузі літератури – письменниця з Канади Е. Манро.
- Крім того, премією миру Нобелівський комітет відзначив Організацію із заборони хімічної зброї.

ПРЕМІЯ В ГАЛУЗІ ФІЗІОЛОГІЇ І МЕДИЦИНИ

Лауреатами Нобелівської премії з фізіології і медицини в 2013 р. стали Джеймс Ротман (James E. Rothman), Ренді Шекман (Randy W. Schekman) та Томас Зюдгоф (Thomas C. Südhof) за з'ясування механізмів везикулярного трафіку – однієї з найважливіших транспортних систем у клітинах.

Кожна клітина нагадує собою завод, що виробляє молекули різних речовин – гормони, нейромедіатори, цитокіни, ферменти, які потрібно доставити в інші місця всередині клітини або експортувати назовні. Клітини організму можна порівняти з великим портом, якому для нормального функціонування просто необхідна система, що забезпечує відправлення вантажів до пунктів призначення у потрібний момент і точно за адресою. Роль «упаковок» для молекул відіграють маленькі пухирці – вези-

кули, завдяки яким відбувається транспортування вантажів.

У результаті багаторічної копіткої роботи троє вчених – нобелівських лауреатів пояснили дивовижну річ, яка протягом тривалого часу залишалася таємницею: яким чином везикули «знають», коли і куди доставити ту чи іншу молекулу.

Про внутрішньоклітинний транспорт було відомо ще на початку ХХ ст., однак з молекулярного погляду нюанси цього процесу почали з'ясуватися з появою в 1979 р. в журналі PNAS статті американського біолога Ренді Шекмана. Учений був буквально зачарований тим, як клітини організують свою транспортну систему, і розпочав її детальне вивчення на моделі дріжджів. Проаналізувавши сотні штамів, він відібрав клітини з пошкодженою транспортною системою, яка нагадувала погано сплановану схему руху громадського транспорту. При цьому везикули накопичувалися у певних



Джеймс РОТМАН
(James E. ROTHMAN)

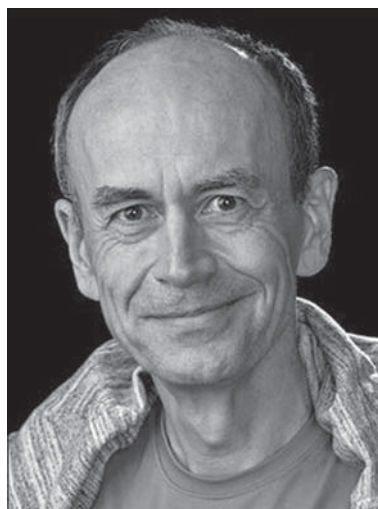


Ренді ШЕКМАН
(Randy W. SCHEKMAN)

частинах клітини, з чого Р. Шекман зробив висновок, що причина цих «заторів» криється в мутованих генах. Визначивши три класи генів, які контролюють різні аспекти роботи транспортної системи клітини, він зробив значний внесок у вивчення механізму транспорту везикул.

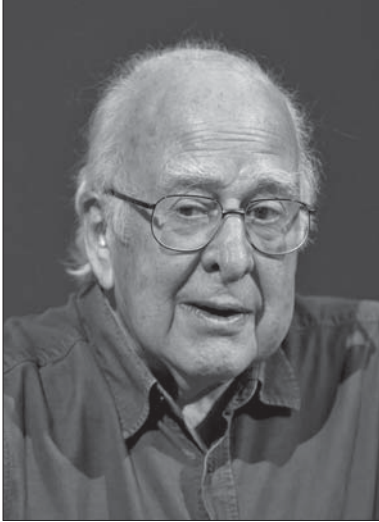
У 80–90-х роках Джеймс Ротман вивчав ті самі процеси в клітинах ссавців. Завантаження молекул у транспортні пухирці та розвантаження їх на місці призначення відбувається завдяки злиттю мембран везикули і клітини. Дж. Ротман виявив, що за таке стикування відповідає певний білковий комплекс, тобто білки везикули і мембрани клітини зв'язуються один з одним, як дві частини застібки-блискавки. З'єднуватися вони можуть лише в певних комбінаціях, що гарантує доставку вантажу точно за адресою. Той самий принцип діє, коли везикула стикується з мембраною клітини, щоб випустити вантаж назовні. З'ясувалося, що деякі гени, виявлені Р. Шекманом у дріжджах, ідентичні тим, які знайшов Дж. Ротман у ссавців. Так учені довели дуже давнє еволюційне походження цього транспортного механізму.

Томас Зюдгоф, нейрофізіолог за фахом, зацікавився тим, як у мозку передається

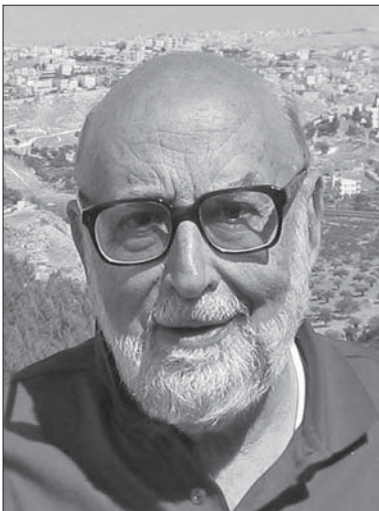


Томас ЗЮДГОФ
(Thomas C. SÜDHOFF)

сигнал між нейронами в синапсах. Виявилось, що сигнальні молекули — нейромедіатори — вивільняються з везикул, що зливаються із зовнішніми мембранами нервових клітин за допомогою того самого механізму, який дослідили Дж. Ротман і Р. Шекман. Залишилося лише одне питання: як везикули визначають, коли саме потрібно випустити назовні свій вантаж? У 90-х роках Т. Зюдгоф описав білки, які, реагуючи на змінення



Пітер ХІГГС
(Peter HIGGS)



Франсуа ЕНГЛЕР
(François ENGLERT)

концентрації іонів кальцію, запускають механізм функціонування везикул.

З'ясування механізмів везикулярного транспорту дає також уявлення про те, як транспортна система клітин впливає на низку неврологічних та імунологічних захворювань, зокрема на діабет. Глибоке розуміння природи цих хвороб дозволить у майбутньому ефективніше їх лікувати.

ПРЕМІЯ В ГАЛУЗІ ФІЗИКИ

Премію з фізики Нобелівський комітет присудив британському фізику-теоретику Пітеру Хіггсу (Peter Higgs) і бельгійцю Франсуа Енглєру (François Englert) за теоретичне відкриття механізму, який допомагає зрозуміти природу маси субатомних частинок і нещодавно був підтверджений в експериментах на Великому адронному колайдері.

У 1964 році П. Хіггс, співробітник Единбурзького університету, за допомогою олівця й паперу показав, що невидиме поле у вакуумному просторі поводить себе як «космічний клей», надаючи одним частинкам ваги, але залишаючи інші (наприклад, фотони) невагомими. Ця теорія спричинила в науковому світі ефект вибуху бомби.

Статтю П. Хіггса, в якій він обґрунтував механізм появи маси в елементарних частинок, спочатку було відхилено редакцією авторитетного журналу *Physics Letters* з формулюванням «не має очевидного відношення до фізики». П. Хіггс додав один абзац і надіслав текст до іншого провідного журналу *Physical Review Letters*, який у 1964 р. опублікував статтю. У роботі було запропоновано масивну частинку з нульовим спіном, яка взаємодіє з більшістю інших частинок і завдяки цій взаємодії надає їм масу. Цю частинку через кілька десятків років назвуть бозоном Хіггса. У тому самому 1964 р. і в тому самому журналі *Physical Review Letters* з'явилася стаття Роберта Браута (помер у 2011 р.) і Франсуа Енглєра, які дійшли подібних наукових висновків.

Теорія Браута–Енглєра–Хіггса є основним компонентом Стандартної моделі фізики елементарних частинок, яка описує побудову нашого світу. Суть Стандартної моделі, розробленої ще на початку 70-х років, полягає в тому, що весь Всесвіт складається з 12 різних типів частинок матерії (6 кварків і 6 лептонів), а також 4 сил — гравітації, електромагнетизму, слабкої та сильної взаємодій. Електромагнітні сили і слабка взаємодія є двома боками однієї медалі — електрослаб-

кої взаємодії, і між ними існує симетрія. Однак електрослабка симетрія можлива лише за умови, що фундаментальні частинки не мають маси. Проте, озирнувшись навколо, ми розуміємо, що це не так, а отже, симетрія має бути порушена. Саме хіггсівський механізм і є тією рушійною силою, яка порушує цю симетрію, а його головне завдання — зробити частинки масивними.

П. Хіггс і його колеги довели, що в усьому просторі, зокрема у вакуумі, поширене густе, як клей, поле (пізніше назване полем Хіггса), збудженням якого є бозон. Завдяки цьому полю після Великого вибуху перші протони й електрони, що рухалися хаотично, сповільнилися і перетворилися на матерію, набувши масу. Причому маса виявляється тим більшою, чим сильніше частинки «чіпляються» за хіггсівське поле. І якби не ці бозони, то субатомні частинки пронизували б космос зі швидкістю світла, як, власне, і відбувається з фотонами.

Упродовж кількох десятиліть існування бозона Хіггса було чистою теорією, оскільки технічний прогрес ще не був спроможний забезпечити необхідне обладнання і методи дослідження для того, щоб перевірити реальність цієї частинки. Все змінилося з появою Великого адронного колайдера. 4 липня 2012 р. представники ЦЕРН оголосили про сенсаційні результати експерименту — під час зіткнення двох протонів детектори колайдера ATLAS і CMS зафіксували появу нової частинки з масою 125–126 GeV. Після майже піврічних досліджень навесні 2013 р. було офіційно заявлено про те, що бозон Хіггса знайдено.

ПРЕМІЯ В ГАЛУЗІ ХІМІЇ

Нобелівської премії з хімії було удостоєно Мартіна Карплуса (Martin Karplus), Майкла Левітта (Michael Levitt) і Арі Варшеля (Arieh Warshel) за розвиток багаторівневих моделей складних хімічних систем.

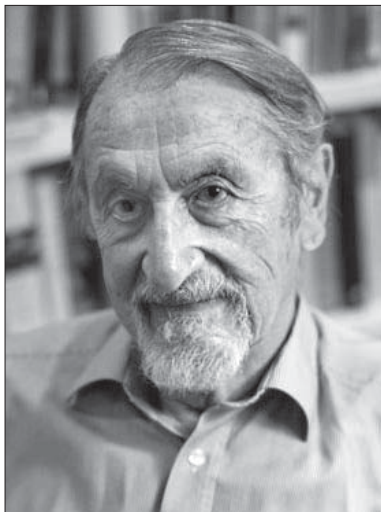
Сьогодні для демонстрації структури молекул комп'ютерне моделювання цілком замінило кульки і стрижні, які ще донедавна



Ф. Енглер і П. Хіггс
на семінарі в ЦЕРН, 2012 р.

використовували хіміки. Моделювання допомагає не лише уявити будову речовини, моделюється також і перебіг хімічних реакцій. Хімічні реакції зазвичай відбуваються з блискавичною швидкістю, за частки мілісекунди, тому в ході експерименту практично неможливо зафіксувати кожний окремий етап реакції. Проте за допомогою комп'ютерних методів можна детально вивчити перебіг хімічних реакцій. У сучасній біології поряд з термінами *in vivo* та *in vitro* вже закріпився вираз *in silico*, яке означає комп'ютерне моделювання процесу.

Основи потужного програмного забезпечення, яке використовують нині для моделювання, вивчення та прогнозування хімічних процесів, були закладені цюгорічними нобелівськими лауреатами ще в 1970-х роках. Молекули білків складаються з кількох тисяч амінокислот, можуть містити й інші компоненти. Завдяки водневим зв'язкам ланцюжки амінокислот утворюють спіралі — вторинну структуру білка. Спіралі, у свою чергу, згортаються в «клубки» — третинну структуру, однак утворюються ці «клубки» зовсім не випадково, а мають характерну для кожного білка форму. Об'єднання кількох «клубків» — це четвертинна структура білка. Сучасні комп'ютерні програми за первинною структурою, тобто послідовністю амінокислот, можуть передбачити,



Мартін КАРПЛУС
(Martin KARPLUS)



Арі ВАРШЕЛЬ
(Arieh WARSHEL)



Майкл ЛЕВІТТ
(Michael LEVITT)

якою буде вторинна структура білкової молекули. Повністю вирішити завдання передбачення третинної структури білка ще не вдалося — надто великих обчислювальних потужностей вона потребує, але вже змодельовано структури багатьох білкових молекул. У розробленні таких програм активну участь брав Майкл Левітт.

Крім структури молекул ученим важливо розуміти власне процес перебігу реакції.

Скажімо, досліднику потрібно підібрати ліки, які б інгібували певну хімічну реакцію в організмі. Для цього він має перебрати тисячі речовин, щоб знайти ту, яка забезпечить такий ефект, а це — тривалі, дорогі й трудомісткі дослідження. За допомогою комп'ютера можна змодельовати перебіг усіх цих реакцій і з тисяч претендентів відібрати молекули з відповідними властивостями. Звучить непогано, але тут є свої труднощі. Якщо побудувати модель перебігу реакції, виходячи з класичної ньютонівської фізики, то точність такого моделювання виявляється недостатньою, оскільки представлення атомів і електронів у вигляді пружних кульок — занадто грубе наближення. Якщо здійснити моделювання з урахуванням квантової фізики, то ми швидко побачимо, що обчислювальних потужностей не вистачає. Так можна змодельовати лише найпростіші реакції.

Мабуть, головною заслугою нобелівських лауреатів стало те, що вони знайшли спосіб поєднати в комп'ютерному моделюванні хімічних реакцій класичну і квантову фізику. У 1976 р. А. Варшель і М. Левітт показали, що можна закласти у програму «вміння» за формальними ознаками розділяти взаємодії, які можна моделювати з різною фізич-

ною точністю. Наприклад, квантову динаміку використовують для моделювання поведінки реакційного центру білкової молекули, а для інших її частин достатньо класичної механіки. Вчені змоделювали процес розщеплення глікозидів ферментом лізоцимом, а також описали третинну структуру білка апротиніну.

ПРЕМІЯ В ГАЛУЗІ ЛІТЕРАТУРИ

Нобелівську премію з літератури цього року присуджено Еліс Манро (Alice Munro) за майстерність у жанрі сучасного короткого оповідання. 82-річна канадська письменниця відома своїми зворушливими розповідями, що вивчають «маленьких людей і великі почуття». Е. Манро входить до списку найвизначніших сучасних прозаїків. На думку критиків, вона змінила розуміння оповідання так само, як свого часу це зробили А. Чехов і К. Менсфілд. Її коротка форма наповнена емоційністю і літературністю, які найчастіше властиві романам. У багатьох творах Е. Манро дія відбувається в містечку Гурон Каунті в її рідній провінції Онтаріо. Причому в її оповіданнях сюжет часто вторинний, а головну увагу приділено опису деталей. Героїні Е. Манро мають складний внутрішній світ, усі перипетії їхньої долі наочно демонструють неоднозначність, іронічність і суворість життя.

ПРЕМІЯ МИРУ



Лауреатом Нобелівської премії миру цього року стала Організація із заборони хімічної зброї (Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, OPCW).



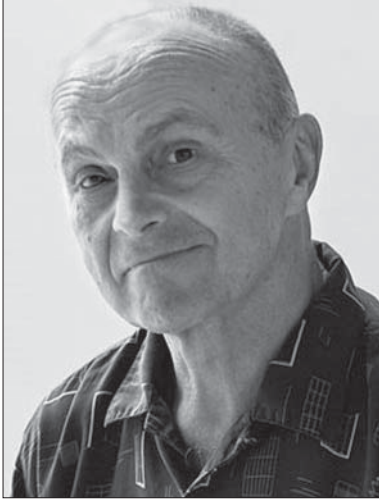
Еліс МАНРО
(Alice MUNRO)

ОЗХЗ було створено за підтримки ООН у 1997 р. після набуття чинності Конвенцією про заборону хімічної зброї. Організація з річним бюджетом у 100 млн дол. США має у своєму штаті 500 співробітників, які здійснюють контроль за дотриманням заборони на використання хімічної зброї, ліквідацією її запасів і сприяють розвитку «мирної хімії».

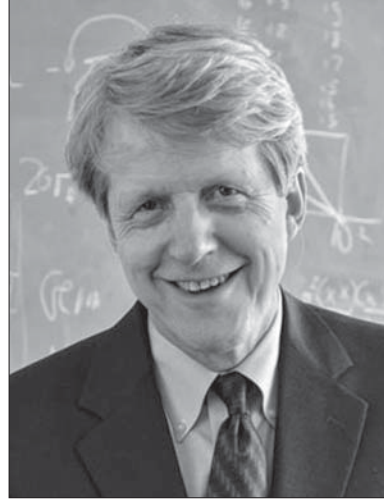
Представник Нобелівського комітету, коментуючи нагородження, заявив: «Робота ОЗХЗ визначила в міжнародному праві застосування хімічної зброї як табу. Останні події в Сирії, де знову було використано хімічну зброю, лише підкреслюють необхідність активізації зусиль, щоб покінчити з такою зброєю».

ПРЕМІЯ В ГАЛУЗІ ЕКОНОМІКИ

Нобелівську премію з економіки отримали Юджин Фама (Eugene F. Fama) і Ларс Петер Хансен (Lars Peter Hansen) з Чиказького університету і Роберт Шиллер (Robert J. Shiller) з Єльського університету за емпіричний аналіз цін на активи. Обґрунтовуючи своє рішення, Нобелівський комітет зазначив, що ці вчені провели важливу роботу



Юджин ФАМА
(Eugene F. FAMA)



Роберт ШИЛЛЕР
(Robert J. SHILLER)



Ларс Пітер ХАНСЕН
(Lars Peter HANSEN)

з оцінювання активів. Результати їхніх праць вийшли далеко за межі академічного світу і «не лише докорінно змінили погляди дослідників, а й значною мірою вплинули на ринкову практику».

Американський економіст Юджин Фама є засновником теорії емпіричного аналізу вар-

тості активів. Його ранні роботи з інтерпретації короткострокових змін вартості акцій заклали основу досліджень у цьому напрямі. В 1960 р. він довів, що коливання біржових цін надзвичайно складно передбачити в короткостроковій перспективі. Це докорінно змінило практику складання таких прогнозів.

Якщо Ю. Фама з'ясував, що давати коректні оцінки активів на короткостроковий період вкрай важко, то на початку 80-х років Роберт Шиллер довів, що робити прогнози фінансових ринків ефективніше на довгостроковий період. Він також показав, що коливання цін на біржі в довгостроковій перспективі пов'язані з обсягом дивідендів корпорацій. У разі низького співвідношення оцінки активів і обсягу дивідендів ця оцінка має тенденцію до зростання, що можна використовувати в аналізі інвестиційної привабливості активів.

Прорив Ларса Петера Хансена полягає в розробленні «дуже потужної статистичної моделі» для перевірки ідей Р. Шиллера і Ю. Фама. Його методи допомогли визначити справедливість тих чи інших раціональних теорій оцінювання біржових активів залежно від ризиків.