

НОБЕЛІВСЬКІ ПРЕМІЇ НА МЕЖІ МЕДИЦИНИ ТА ПРИРОДНИЧИХ НАУК: ДИСЦИПЛІНА ЗА ВИБОРОМ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ВИЩИХ МЕДИЧНИХ ЗАКЛАДІВ

Чалий О.В., Зайцева О.В., Лукомський Д.В., Чайка О.М.

*Кафедра медичної і біологічної фізики та інформатики
Завідувач кафедри: д.фіз-мат.н., проф. Чалий О.В.
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
м. Київ, Україна*

Вступ: Важливим аспектом підготовки майбутніх медичних працівників є висвітлення актуальних проблем біофізики, фізіології та медицини. «Сучасні проблеми біофізики: Нобелівські премії за видатні досягнення природничих наук у медицині» — курс за вибором, який викладався на кафедрі медичної та біологічної фізики та інформатики НМУ імені О.О.Богомольця. На лекціях і практичних заняттях з цієї дисципліни висвітлені найцікавіші питання біофізики, фізіології та медицини, а саме, ті, за які були присуджені Нобелівські премії. Основна мета – зацікавити студентів і сформувані в них природничо-наукову картину світу, де медицина інтегрована в систему природничих наук.

Огляд: Тема першої лекції курсу – «Основи синергетики: інтеграційні процеси «медицина – природничі науки»». Тут, серед інших, ми обговорюємо досягнення Джона О'Кіфа, Мей-Брітта та Едварда Мозера, які отримали Нобелівську премію з фізіології та медицини у 2014 році за відкриття так званих «рlасе»- та «grid»-клітин мозку, що відповідають за систему орієнтації людини і тварин у просторі. Вивчаючи також математику, статистику та програмування на професійному рівні, Едвард Мозер запропонував пояснення походження клітин сітки в мозку, дивовижне своєю науковою проникливістю. Основна ідея цього пояснення полягала у використанні аналогії гексагональних структур «grid»-клітин сітки в мозку людини і тварин і вихрової структури в надпровідниках II типу, відкритої раніше в так званих вихрах Олексієм Абрикосовим, лауреатом Нобелівської премії з фізики 2003 р.

Нещодавно один із авторів цієї статті запропонував дещо інший підхід до пояснення появи шестикутників поблизу точок біфуркації (критичних). Цей підхід концептуально близький до згаданого вище, оскільки також використовує сучасні досягнення фізики фазових переходів. Зокрема, вираз для вільної енергії флуктуацій параметра порядку називається гамільтоніаном Гінзбурга-Ландау, обидва були лауреатами Нобелівської премії з фізики: Лев Ландау в 1962 році та Віталій Гінзбург в 2003 році. Звернемо увагу, що параметр порядку є основною величиною, яка описує симетрію досліджуваної системи, а флуктуації - це випадкові відхилення будь-якої величини (скажімо, густини чи температури) від її середніх значень. Водночас ці два підходи до пояснення основної причини виникнення гексагональних структур у системі «grid»-клітин мають істотні відмінності.

Більш пізній підхід враховує такі специфічні і важливі особливості процесів, що відбуваються в мозку: взаємодія нейронів, яка має як електричну, так і біохімічну природу процесів генерації та поширення потенціалу дії (ПД), інакше кажучи, «запуску ПД»; використання термодинамічної теорії хімічно реагуючих систем, розробленої Теофілем де Дондером та Іллею Пригожином, лауреатом Нобелівської премії з хімії 1977 року, згідно з якою координата (ступінь повноти) повинна відігравати роль порядку параметр, а спорідненість є спряженою (в термодинамічному сенсі) величиною для хімічно реагуючої системи; застосування синергетичних методів для перенесення результатів Германа Хакена, отриманих для фізичної системи гексагональних комірок Бенара, що виникають у в'язкій рідині з вертикальними температурними градієнтами поблизу межі гідродинамічної стійкості, коли число Релея досягає свого критичного значення, до, здавалося б, зовсім іншої нейрофізіологічної системи клітин сітки в мозку.

Остаточна відмінність пов'язана з класами універсальності, що об'єднують системи різної природи, які мають однакову поведінку поблизу біфуркаційних (критичних) точок. Швидше за все, біохімічно реагуюча система нейронів у мозку належить (на відміну від надпровідників типу II) до того ж класу універсальності, що й реальна рідина поблизу критичної точки рідина-пара. Тривимірний (3D) модель Ізінга в зовнішньому магнітному полі належить до того ж класу універсальності. Усі три вищезгадані системи

різні за своєю природою, але характеризуються однаковою критичною поведінкою поблизу своїх точок фазового переходу (біфуркації), а саме:

- 1) вони мають однакову розмірність $n=1$ скалярного параметра порядку,
- 2) вони мають однаковий просторовий розмір $D=3$,
- 3) вони мають міжмолекулярний потенціал короткого діапазону, і
- 4) вони описуються гамільтоніаном Гінзбурга-Ландау, будучи ідентичним у своїй функціональній формі з непарним (кубічним) нелінійним членом у параметрі порядку.

Далі ми обговорюємо фізичні основи процесів сприйняття та обробки інформації органами зору, слуху та нюху. Зокрема, обговорюються роботи про діоптрію ока Нобелівського лауреата 1911 року з фізіології та медицини Алвара Гульстранда; відкриття, пов'язані з первинними фізіологічними та хімічними зоровими процесами в оці Рагнара Граніта, Холдена Хартлайна, Георга Уолда (лауреати Нобелівської премії 1967 року з фізіології та медицини), а також відкриття щодо принципів обробки інформації в зоровій системі лауреатів Нобелівської премії 1981 року в області фізіології та медицини Девіда Хантера Хьюбеля і Торстена Візеля. Стосовно слуху звернемо увагу на відкриття Георгом фон Бекеші, лауреатом Нобелівської премії з фізіології та медицини 1961 року, фізичних механізмів сприйняття стимулів вушною раковиною. Ми також вивчаємо принципи організації нюхової системи та дослідження нюхових рецепторів Нобелівських лауреатів 2004 року з фізіології та медицини Річарда Екселя та Лінди Бак.

Розглядаємо також процес синаптичної передачі, який має кілька важливих етапів: доставка везикул в пресинаптичну область, збудження нервового імпульсу і його передача по нейрону. Джеймс Ротман, Ренді Шекман, Томас Судхофф отримали Нобелівську премію з фізіології та медицини в 2013 році за відкриття механізмів регуляції доставки везикул, основної транспортної системи наших клітин. Нобелівська премія з фізіології та медицини за відкриття, що стосуються іонних механізмів збудження та гальмування в периферичних і центральних областях мембрани нервових клітин, була присуджена Джону Еклзу, Алану Ходжкіну та Ендрю Філдіngu Хакслі у 1963 році. Також Арвід Карлсон, Пол Грінхард та Ерік Кендел стали лауреатами Нобелівської премії з фізіології та медицини в 2000 році за відкриття, що стосуються передачі сигналів у нервовій системі.

Висновки: Ми підсумовуємо наш курс обговоренням та моделюванням процесу синаптичної передачі, адже проблема міжклітинної взаємодії є для живої природи такою ж важливою, як і проблема міжмолекулярної взаємодії для неживої природи. Дійсно, міжклітинна взаємодія є надзвичайно важливим процесом для нормального функціонування живої істоти, що дозволяє координувати роботу дуже великої популяції клітин. Слід зазначити, що процес міжклітинної взаємодії лежить в основі процесу мислення – чи не найважливішої відмінності живої природи від неживої.

Ключові слова: медична фізика; біологічна фізика; нобелівські премії; grid-клітини в мозку; синергетика; сприйняття; синаптична передача.