

Лекція №1.

Тема: Вступ у біофізику.

Біофізика (біологічна фізика) – інтегрована наука, що вивчає структуру, фізичні властивості і характеристики біологічних об'єктів, фундаментальні взаємодії молекул та молекулярних комплексів, елементарні фізико-хімічні і фізичні процеси, які лежать в основі фізіологічних реакцій, а також вплив на біологічні об'єкти фізичних чинників.

Біофізика – це наука, що вивчає фізику явищ життя на всіх рівнях.

Біофізика – наука про найбільш прості і фундаментальні взаємодії, які лежать в основі біологічних явищ. Теоретичні побудови і моделі біофізики засновані на фізичних поняттях енергії, сили, типів взаємодії, на загальних поняттях термодинаміки, фізичної кінетики.

В центрі уваги біофізики як біологічної науки лежать біологічні процеси і явища. Основна тенденція сучасної біофізики – це проникнення на найглибші рівні, які складають молекулярну основу структурної організації живого.

Живий організм – це відкрита, саморегулююча, гетерогенна, така, що самовідтворюється і розвивається система, найважливішими функціями якої є виробництво біополімерів (білків, нуклеїнових кислот). Живий організм – система історична і є результатом еволюційного розвитку філогенезу від зиготи до старості і смерті. **Система** – це цілісний комплекс взаємодіючих елементів разом з їх властивостями і відносинами. Елемент системи – це підсистема (частина системи), яка з даної точки зору може вважатися неподільною. Наприклад, розглядаючи як систему цілісний організм, його підсистемами в області медицини можна вважати серцево-судинну, травну, нервову системи і так далі.

Система характеризується:

1. Внутрішніми зв'язками між елементами;
2. Взаємодією із зовнішнім середовищем, в процесі якої система проявляє свою цілісність;

3. Структурною і функціональною ієрархією (суть ієрархії полягає у впорядковуванні взаємодій між рівнями від вищого до нижчого).

Наприклад, всі органели клітини об'єднані в систему, якою управляє геном клітини; клітини об'єднані в тканини, якими управляє гуморальна система, а вона керується нервовою системою.

Більшість процесів направлені на збереження цілісності системи.

Відкритими називають системи, які вільно обмінюються з навколишнім середовищем речовиною, енергією та інформацією. Саморегуляція зводиться до збереження гомеостазу не дивлячись на зміну в навколишньому середовищі і в самому організмі.

Живий організм – гетерогенна система, тобто що складається з різнорідних підсистем. Цікавою властивістю системи є неадитивність – властивості системи як цілого не дорівнюють сумі властивостей складових її елементів.

Елементарною одиницею життя є клітина. Субклітинні частинки і органоїди хоча і здатні виконувати деякі, часто дуже складні біохімічні і фізіологічні функції, в строгому сенсі не можуть бути названими живими. Тільки автономна, саморегулююча, самовідтворювана система є живою.

Виділяють декілька типів властивостей живої системи:

1. Субстратні властивості – це властивості, що характеризують «матеріал», з якого зроблена система. Велику роль в з'ясуванні субстратних властивостей грають біохімія, біонеорганічна хімія, біофізична хімія.

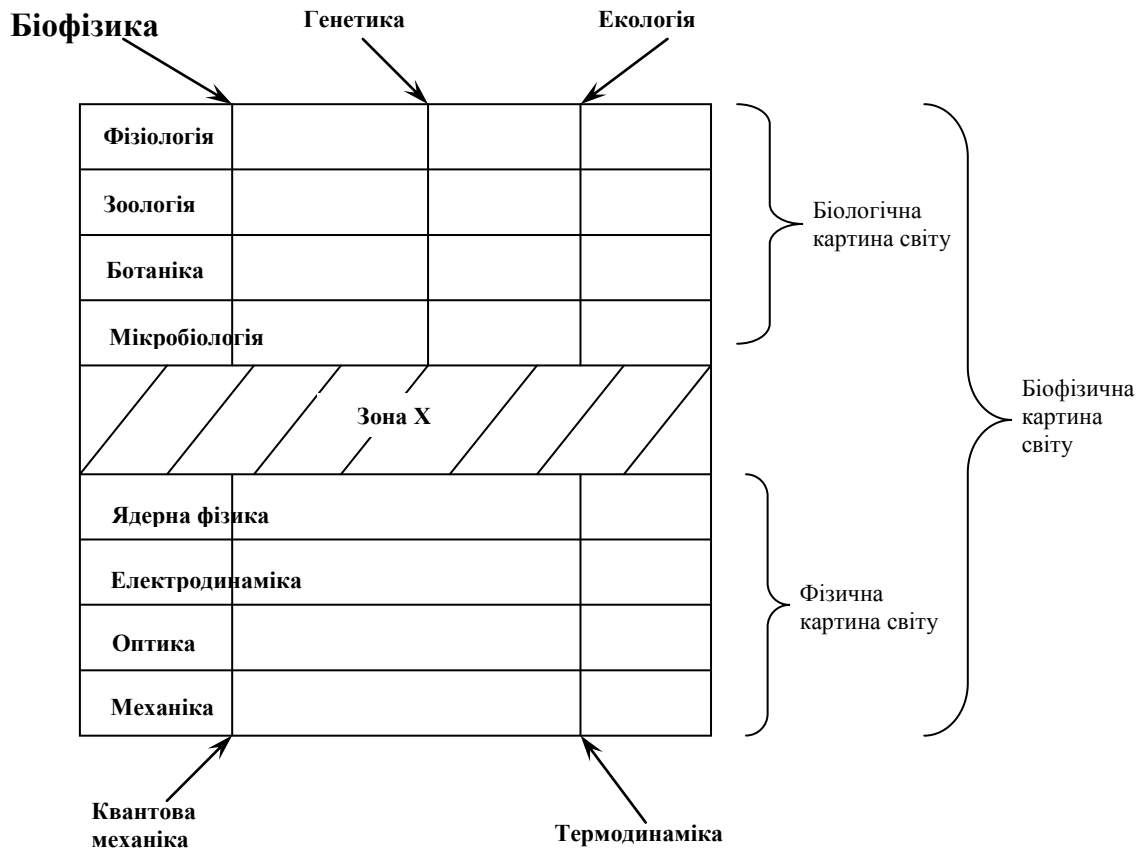
2. Структурні – ці властивості характеризують відношення між компонентами системи і знаходяться в прямій залежності від субстратних властивостей.

3. Енергетичні властивості – відповідають на питання «як дана система перетворить і використає енергію», «який діапазон зміни значення енергії».

4. Функціональні – зазвичай вони характеризують систему як ціле, її відношення до зовнішніх предметів і систем.

Майже всі властивості системи змінюються в часі, тому можна виявити стаціонарний, моментальний зріз у вивченні живого і еволюцію в часі.

Місце біофізики в системі наук.



У витоків біофізичної науки стояли Лебедєв, Чижевський, Белоусов, Жаботінський, Костюк. Із зарубіжних вчених найбільш відомий Прігожин (біотермодинаміка – Нобелівська премія).

Місце фізики в біофізичному дослідженні.

Що можна вважати біофізичним дослідженням? Чи можна вважати біофізичним дослідженням використання фізичного приладу при вивченні біологічних феноменів? Наприклад, біолог використовує мікроскоп, лікар – термометр. Ні. Біофізичне дослідження починається з фізичної постановки завдання, що відноситься до живої природи.

Рішення будь-якої фізичної задачі пов'язане з дослідженням фізичної системи. Фізична система, в загальному випадку, складається з фізичних об'єктів (об'єкт може бути і один), які взаємодіють між собою. Взаємодію змінює положення або стан фізичної системи.

Фізичні об'єкти володіють властивостями і можуть брати участь в процесах. Характеристиками властивостей і процесів є фізичні величини. А фізичні явища характеризуються зміною величин. Необхідний і стійкий зв'язок між фізичними величинами відбивається у фізичному законі. Кожен закон характеризується межами застосовності. Якщо одна з умов не виконується, то закон застосовувати не можна. Наприклад, 2-й закон Ньютона $F=ma$ справедливий, якщо виконуються наступні умови: 1) рух тіла розглядається в інерційній системі відліку; 2) тіло повинне бути матеріальною крапкою; 3) маса тіла дорівнює $const$ і т. д.

Фізика при постановці і вирішенні завдань широко використовує **ідеалізацію і абстрагування**.

Ідеалізація – це наділення об'єктів і процесів властивостями, якими в реальній дійсності вони не володіють. Наприклад, абсолютно тверде тіло, рівноважний термодинамічний процес і т. д.

Абстрагування – це знехтування властивостями об'єктів або процесів, якими вони реально володіють, але які в даному дослідженні не важливі.

Все це пояснюється тим, що реальні об'єкти і явища настільки складні і взаємозв'язані, що вивчення і кількісне дослідження з урахуванням всіх сторін і взаємозв'язків навіть простих систем представляє непереборні математичні труднощі. Унаслідок ідеалізації та спрощення фізика розглядає замість реальних явищ їх схематичні моделі. Таким чином, спрощення та ідеалізація – основні риси фізики як науки.

Фізика досягла величезних успіхів у вивченні неживої природи. Але, не дивлячись на це, широко поширена думка про незвідність явищ життя до законів фізики.

Для прояснення цього питання розглянемо в чому відмінність явищ живої і неживої природи.

1. Всі живі організми істотно неоднорідні системи. При дослідженні неживої природи найчастіше розглядаються системи, що мають однаковий склад,

щільність та інші характеристики.

2. Всі біологічні об'єкти – відкриті системи. При дослідженні неживої природи можна вивчати ізольовані системи.
3. Ізольовані фізичні системи еволюціонують до стану найменшої впорядкованості, що характеризується мінімальною енергією. Всі живі організми завжди знаходяться в стані, далекому від термодинамічної рівноваги.

Саме неоднорідність біологічних систем і їх далекі від рівноваги стани не дозволяють без обмовок користуватися в біології добре встановленими поняттями ентропії, вільної енергії та іншими, характерними для однорідних систем, що знаходяться в стані термодинамічної рівноваги.

Для реалізації опису необхідно мати численні дані про щільність, температуру, склад та інші локальні характеристики. Ці дані не можна включити в одну характеристику. При описі неживої природи ніколи не цікавляться інформацією про, скажімо, кожну молекулу або групу молекул. Ще одна складність пов'язана з тим, що у фізиці опис макроскопічних об'єктів (що складаються з великого числа частинок) виводиться з мікроскопічних, таких, що стосуються кожної частинки окремо. Це можливо завдяки все тій же однорідності тіл неживої природи. Для біологічних об'єктів це неможливо. Наступна складність пов'язана з тим, що деякі біологічні об'єкти (наприклад, мембрани клітин) є одночасно мікро- і макрооб'єктами. У поперечному перетині вони мікрооб'єкти (складаються всього з декількох об'єктів), а по розмірах площини – макрооб'єкти.

Які існують напрями вирішення вищезазначених проблем?

1. *Моделювання* – враховувати тільки головні, такі, що визначають дане явище, змінні величини і не враховувати другорядні. Спрощення тут має свої критерії – при ідеалізації і спрощенні «не повинне прослизнути життя».

2. *Використання ЕОМ* – для розгляду моделей складних систем. Ці моделі є ієрархією простіших, мають величезне число змінних величин і т. д. Головні труднощі тут пов'язані з розробкою відповідних алгоритмів, інструментальних засобів та ін.

3. *Розвиток концептуального апарату фізики*. Тут отримано багато чудових результатів. Фізика перейшла від структурно-субстратного підходу до еволюційного, від розгляду рівноважних систем і процесів до систем, що

знаходяться далеко від рівноваги.

Фізику, її концептуальний апарат, методи, можна застосовувати до біологічної реальності за допомогою наступних підходів:

- Вичленення в організмі (клітині) процесів (властивостей) на підставі відомих фізичних (і хімічних) законів. Наприклад, дифузія описується законом Фіка, метаболічні реакції – законами хімічної кінетики та термодинамікою необоротних процесів.

- Побудова моделей. При побудові моделей враховуються як фізичні уявлення, так і біологічні. При спробі побудувати математичну модель на основі такої концептуальної моделі, змінні величини виявляються розділеними на дві групи: одні зустрічаються у фізичних законах, а інші не мають фізичного сенсу. Прикладом моделі такого роду є структурно-мозаїчна модель мембрани. У загальному випадку роль фізики в таких моделях аналогічна додатку її в техніці. У техніці фізичний процес залишається тим же, але формою він інший. Для надання такої форми фізичному процесу створюється конструкція – особлива система, яка забезпечує взаємодію або протидію процесів. Конструкція виступає як умова (гранична або початкова). У будь-якому випадку пристрій і структуру конструкції створюють не тільки з урахуванням фізичних законів, але і інших, зокрема, технологічних, естетичних та ін. Чи означає це, що двигун внутрішнього згорання не можна описати з позиції квантової механіки? Ні, не означає. Просто корисність цього опису буде нікчемною. Тому зручніше двигун описувати мовою теорії машин і механізмів. Найбільш важливе завдання в цьому напрямі – інтерпретація біологічних понять з фізичних позицій.

- Екстраполяція (перенесення) фізичних уявлень на біологічні процеси (явища). Разом з перенесенням ідеї переноситься і відповідний математичний апарат. Наприклад, біологічні макромолекули – реальний газ, мембрана – рідкий кристал.

Взагалі, кінцевим завданням біофізики є пошук фізичної інтерпретації біологічних понять і, кінець кінцем, зведення явищ життя, її різних проявів до фізики.

Розділи і методи біофізики.

Біофізику умовно ділять на три області:

1. Молекулярна біофізика;
2. Біофізика клітини;
3. Біофізика складних систем.

Молекулярна біофізика вивчає будову і фізико-хімічні властивості біологічних макромолекул, перш за все біополімерів-білків та нуклеїнових кислот.

Завдання зводиться до розкриття фізичних механізмів, відповідальних за функціонування макромолекул, наприклад, за їх каталітичну активність.

Молекулярна біофізика використовує дані біохімії, молекулярній біології, біоорганічної та біонеорганічної хімії і пояснює їх з позиції фізики макромолекул. Теоретичний апарат молекулярної біофізики – рівноважна термодинаміка, статична механіка.

Біофізика клітини вивчає будову і функціонування клітинних і тканинних систем. Її головні завдання пов'язані з вивченням фізики мембран і біоенергетичних процесів, генерації і розповсюдження нервового імпульсу, механо-хімічних процесів (зокрема, м'язового скорочення), фотобіологічних процесів (фотосинтез, рецепція світла, зір, біolumінісценція).

Біофізика складних систем займається переважно теоретичним розглядом загальних фізико-біологічних проблем і фізико-математичним моделюванням біологічних процесів. Тут вирішуються наступні завдання: а) термодинаміка необоротних процесів і кінетичне моделювання; б) біологічні коливальні процеси; в) загальнотеоретичне трактування біоенергетичних явищ; г) моделювання процесів біологічної еволюції.

Література:

1. **Волькинштейн В.Н.** Общая биофизика. – М.: Наука, 1985.
2. **Костюк Н.А.** Общая биофизика. – К.: Наукова думка, 1990.
3. **Пригожин И.** Порядок из хаоса. – М.: Прогресс, 1986.
4. Практикум по биофизике. / Под. ред. П.Г. Богача. – К.: Высшая школа, 1983.
5. **Гатфренд.** Биотермодинамика, (1986)
6. **Гладышев.** Экологическая биофизическая химия. (1990)