

О.П. Мінцер
М.М. Потяженко
Г.В. Невоїт

МАГНІТОЕЛЕКТРОХІМІЧНА ТЕОРІЯ ОБМІНУ РЕЧОВИН

(в двох томах)

під загальною редакцією О.П. Мінцера та М.М. Потяженка

Т.1 Концептуалізація



Київ-Полтава-2021

Мінцер О.П., Потяженко М.М., Невоїт Г.В.

**МАГНІТОЕЛЕКТРОХІМІЧНА
ТЕОРІЯ ОБМІНУ РЕЧОВИН
ТОМ 1 КОНЦЕПТУАЛІЗАЦІЯ**

у двох томах

Монографія

За загальною редакцією проф. О.П. Мінцера та
проф. М.М. Потяженка

Київ - Полтава

2021

УДК 612.015.3-02:612.014.423

М 62

Авторський колектив:

Мінцер О.П., Потяженко М.М., Невоїт Г.В.

Рекомендовано до друку Вченою радою Національного університету охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика (*протокол № 5 від 19 травня 2021 р.*) та Вченою радою Полтавського державного медичного університету (*протокол № 1 від 19 травня 2021 р.*)

Рецензенти:

Казаків Ю.М., академік Української академії наук національного прогресу, Української екологічної академії наук, завідувач кафедри пропедевтики внутрішньої медицини з доглядом за хворими, загальної практики (сімейної медицини) Полтавського державного медичного університету, доктор медичних наук, професор.

Романов В.О., завідувач відділом перетворювачів форми інформації Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, доктор технічних наук, професор.

Краснов В.В., завідувач кафедри педагогіки, психології, медичного та фармацевтичного права Національного університету охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, доктор медичних наук, професор.

М 62

Магнітоелектрохімічна теорія обміну речовин. Том 1 Концептуалізація: моногр. у 2 т. / О.П. Мінцер, М.М. Потяженко, Г.В. Невоїт; за заг. ред. О.П. Мінцера, М.М. Потяженка. – Київ-Полтава, Інтерсервіс, 2021. – 352 с.
ISBN 978-966-999-144-7

У монографії представлені міждисциплінарні узагальнення сучасних напрацювань світової науки у фундаментальних питаннях обміну енергії в живих біологічних системах, включаючи організм людини, з позицій системної медицини і системної біології, гносеологія, методологія теоретичних і практичних досліджень електромагнітних феноменів в біоенергетиці живих систем і людини, систематизовано опис електромагнітної компоненти феноменів життя, здоров'я і хвороби. Том 1 присвячено фундаментальним питанням організації біоенергетики на атомарному та молекулярному рівнях.

Монографія призначена для фахівців у галузях медицини, фізики, біології, хімії, фізіології, а також для широкого кола читачів. Може бути використана як додаткова література при навчанні за відповідними спеціальностями у вищих навчальних закладах та на факультетах післядипломного навчання.

УДК 612.015.3-02:612.014.423

© Колектив авторів, 2021.

© Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, Полтавський державний медичний університет 2021.

ISBN 978-966-999-144-7

ЗМІСТ

ТОМ 1. КОНЦЕПТУАЛІЗАЦІЯ

| | Стор. |
|---|-------|
| Вступ | 5 |
| Передмова від редакторів | |
| Про необхідність перегляду сучасного наукового знання про людину з позицій системної медицини з урахуванням нових відкритих фундаментальних явищ функціонування живої матерії. <i>Мінцер О.П.</i> | 7 |
| Перелік літератури | 18 |
| Клінічне значення переосмислення оцінки електромагнітних феноменів для практичної охорони здоров'я і світової медицини. <i>Потяженко М.М.</i> | 21 |
| Перелік літератури | 36 |
| Глава 1. | |
| Гносеологія і значення з позицій системної медицини електромагнітної феноменології живих біологічних систем | 40 |
| Вступ | 41 |
| Комплементарний блок. Гносеологія уявлень про будову матерії. Погляди донаукового періоду. Погляди наукового періоду. Квантова теорія поля | 43 |
| Значення сучасних електромагнітних уявлень про організацію матерії з позиції системної медицини | 68 |
| Висновки | 72 |
| Перелік літератури | 73 |
| Глава 2. Атомарний рівень електромагнітної організації мікрорівня живих біологічних систем, включаючи людину | 78 |
| Вступ | 79 |
| Комплементарний блок. Сучасні уявлення про будову атому. Стандартна модель фундаментальних взаємодій. Будова ядра атома Електрон і система енергетичних рівнів атома | 81 |
| Квантово-механічні особливості будови атомів живих систем | 149 |
| Висновки з позиції системної медицини | 152 |

| | |
|--|-----|
| Перелік літератури | 155 |
| Глава 3. | |
| Молекулярний рівень електромагнітної організації живих біологічних систем, включаючи людину | 162 |
| Вступ | 163 |
| Комплементарний блок. Сучасні уявлення про будову молекул: молекулярні зв'язки. Система енергетичних рівнів молекул. Квантово-механічні особливості будови молекул живих біологічних систем | 166 |
| Механізми внутрішньо-молекулярного і міжмолекулярного перенесення енергії і заряду у живих біологічних молекулярних системах | 197 |
| Солітони | 212 |
| Квантово-механічні особливості і роль води в механізмі передачі енергії між біологічними молекулами | 226 |
| Електромагнітна феноменологія молекулярного рівня станів життя і смерті живих біологічних систем | 256 |
| Висновки з позиції системної медицини | 266 |
| Перелік літератури | 274 |
| Глава 4. | |
| Клітинний рівень електромагнітної організації живих біологічних систем, включаючи людину | 287 |
| Вступ | 288 |
| Сучасні уявлення про квантово-механічну організацію клітинного рівня та його частотні характеристики | 291 |
| Роль клітинної мембрани в механізмі магнітоелектрохімічної генерації електричного струму та електромагнітного поля | 304 |
| Висновки з позиції системної медицини | 318 |
| Перелік літератури | 323 |
| Післямова до тому 1. | |
| До питання трансформації наукової парадигми з позицій магнітоелектрохімічної теорії обміну речовин. Поняття про системний інформаційно-енергетичний процес | 331 |
| Перелік літератури | 347 |

Колектив авторів висловлює вдячність ТОВ «ГЕНЕЗИС ЦЕНТР» (Київ, Україна) за сприяння у виданні цієї монографії.

ВСТУП

Сучасний рівень науково-технічних можливостей дозволяє вивчати електромагнітні феномени в живих системах. Завдяки технічному прогресу реєстрація та оцінка локальних електромагнітних показників людського тіла стала можливою і постійно вдосконалюється, проте питання можливостей застосування в клінічній медицині багатьох із методик не вивчені повністю. Подальший розвиток даного наукового напрямку надзвичайно актуальний і перспективний для медицини, оскільки поглиблення знання про роль електромагнітних феноменів у організмі людини однозначно визначає подальший шлях досягнення організації та функціонування живого людського тіла, суті феноменів біологічного життя, здоров'я як об'єктивних станів із позицій доказовості.

Метою даної монографії є визначення концептуальної системи поглядів на роль внутрішніх електромагнітних полів і обґрунтування наукової доцільності подальшого вивчення напряму відносно можливості їх використання як діагностичного показника при обстеженні пацієнтів. Даний науковий напрям є міждисциплінарним і принципово новим для внутрішніх хвороб. Зазначені напрацювання будуть сприяти поглибленню фундаментальних знань системної медицини, підвищенню ефективності заходів із попередження та лікування неінфекційних захворювань шляхом удосконалення їх діагностики та профілактики завдяки впровадження у медичну практику сучасних наукоємних технологій, а також завдяки

трансформації існуючої наукової парадигми з позицій системної медицини.

Монографія підготована у міждисциплінарній консолідації медичних і технічних спеціалістів колективів двох вищих закладів:

1) Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика (Україна, 04112, м. Київ, вул. Дорогожицька, 9), координатор співпраці - завідувач кафедри медичної інформатики, професор, доктор медичних наук О.П. Мінцер;

2) Полтавський державний медичний університет (Україна, 36011, м. Полтава, вул. Шевченка, 23), координатор співпраці завідувач кафедри внутрішніх хвороб та медицини невідкладних станів, професор, доктор медичних наук М.М. Потяженко, субкоординатор - доцент, кандидат медичних наук Г.В. Невойт.

Монографія є фрагментом виконання ініціативних науково-дослідницьких робіт за темами «Розробка алгоритмів і технології впровадження здорового способу життя у хворих неінфекційними захворюваннями на підставі вивчення психоемоційного статусу» (№ держреєстрації 0116U007798, УДК 613: 616-052: 159.942: 616-03, термін виконання 2016-2020 роки) та «Розробка алгоритмів і технологій запровадження здорового способу життя у хворих на неінфекційні захворювання на підставі вивчення функціонального статусу» (номер держреєстрації 0121U108237, УДК 613:616-056-06:616.1/9-03, термін виконання 2021-2025 роки).

Монографія продовжує серію публікацій, спрямованих на аналіз, узагальнення і глобалізацію фундаментальних знань у межах концепції системної медицини, започатковану науковою школою на чолі із проф., д.мед.н. О.П. Мінцером (Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, Київ, Україна).

ПЕРЕДМОВА ВІД РЕДАКТОРІВ. ПРО НЕОБХІДНІСТЬ ПЕРЕГЛЯДУ СУЧАСНОГО НАУКОВОГО ЗНАННЯ ПРО ЛЮДИНУ З ПОЗИЦІЙ СИСТЕМНОЇ МЕДИЦИНИ З УРАХУВАННЯМ НОВИХ ВІДКРИТИХ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ЯВИЩ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЖИВОЇ МАТЕРІЇ

Об'єктивно існуюча реальність не залежить від суб'єктивних уявлень про неї людства, і категорично не зумовлена рівнем розвитку і ступенем розуміння фундаментальних питань людською спільнотою. Реальний Всесвіт є таким, яким він є. Природа і матерія влаштовані так, як вони влаштовані. І завданням сучасної науки залишається продовжувати намагатись досягти повної глибини розуміння фундаментальних питань функціонування живих біологічних систем, включаючи людський організм, відповідно до наявних науково-технічних можливостей сьогодення.

На сучасному етапі наукового розвитку людство практично дослідило нанорівень будови речовини і підійшло до розуміння польової організації його структури. При цьому стало вже безперечно очевидно, що все, що має місце бути на планеті Земля, однозначно підпорядковується універсальним законам, єдиним для всього Всесвіту і всього Космічного простору. Завдання вчених третього тисячоліття - досягти єдності істини розуміння фундаментальних питань організації матерії і сприяти торжеству системного наукового знання в усіх наукових напрямках.

Переосмислення нових знань із позицій системної біології і системної медицини в першу чергу важливо для практичної охорони здоров'я, оскільки це може відкрити нові шляхи для вирішення медичних проблем, включаючи проблематику «батога людства» - хронічних неінфекційних захворювань, і стати основою для

подальшого прогресу медицини, як трансдисциплінарної наукової галузі.

Наукові знання стосовно наявності і фізіологічного значення електромагнітних явищ у людському організмі найбільш наочно демонструють правильність цієї ідеї. Наша цивілізація протягом усього свого існування займалася вивченням організації і функціонування людського тіла. Однак лише близько 250 років тому стався перший суттєвий науковий прорив у цьому напрямку, а саме [1, 6, 10, 12, 18, 28]:

- була запропонована перша теорія електрики (Бенжамін Франклін, англ. *Benjamin Franklin*, «Досліди і спостереження з електрикою», 1747 рік);
- було встановлено факт наявності електричних феноменів у тілах живих організмів (Луїджі Гальвані, італ. *Luigi Galvani*, «Трактат про сили електрики при м'язовому русі», 1791 рік);
- винайдено перше джерело постійного струму (Алессандро Вольт, італ. *Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Gerolamo Umberto Volta*, створення гальванічного елемента, 1800 рік).

До моменту відкриття електрики електричні явища також безперечно існували, але людству були не відомі по суті і не зрозумілі. Це, однак, не змінювало факту їх існування.

Накопичення результатів наукових досліджень у зазначеній галузі привело до більш глибокого розуміння ролі і місця електромагнітних феноменів в організації та функціонуванні живих біологічних систем, у тому числі і в організмі людини. Сьогодні факт наявності електромагнітної складової у тілі людини є незаперечною істиною і визначення електромагнітних параметрів людського організму вже широко використовується в діагностичних цілях у медицині.

В першу чергу, найпоширеніше використовуються електрографічні методи оцінки електричної складової живих біологічних систем і функціональної діяльності окремих органів: електрокардіографія, електроенцефалографія, електроміографія, тощо.

По друге, сьогодні поширення набули магнітографічні методи оцінки функціональної діяльності органів і систем, зокрема

магнітокардіографія і магнітоенцефалографія. Дані методи, як у минулому й електрографічні, протягом останнього півстолітнього періоду застосування також зайняли своє місце у вивченні електромагнітної феноменології функціонування людського організму. Виконання подальших досліджень у цьому напрямку є досить актуальним і перспективним з огляду вдосконалення діагностичних підходів у сучасній медицині.

Третім важливим науковим напрямком продовжує залишатись дослідження можливостей використання зовнішнього електромагнітного впливу на живі біологічні системи як із діагностичною метою, так і з лікувальною. Завдяки суттєвому науковому прогресу стало можливо виконувати діагностику наявних патологічних змін у тканинах людського організму завдяки оцінці резонансного поглинання або випромінювання електромагнітної енергії речовиною, яка містить ядра із нульовим спіном на частоті, що обумовлена переорієнтацією магнітних моментів ядер, - метод ядерного магнітного резонансу. Сьогодні метод ядерного магнітного резонансу знайшов значне визнання і широко застосовується у клінічній медицині.

У фундаментальних науках сучасності загальновизнаним став факт, що електромагнітна феноменологія є безперечною складовою процесу життєдіяльності живих систем і нівелюється при їх переході зі стану життя у стан смерті. Даний аспект знайшов практичне застосування у фіксації факту біологічної смерті людини шляхом зняття електрокардіограми і реєстрації відсутності електричної активності серцевого м'яза – появи на електрокардіограмі так званої ізолінії, яка свідчить про відсутність електричної активності кардіоміоцитів. Зазначена методика підтвердження факту настання смерті людини використовується у медичній практиці в усьому світі. Безперечно науково визнаним являється факт припинення електричної активності головного мозку при настанні смерті людини. Це також використовується у світовій медицині для діагностики смерті головного мозку в умовах триваючого біологічного життя інших органів людського тіла, наприклад, при знаходженні людини у стані коми. Таким чином, тісний зв'язок локальних органних електромагнітних феноменів і феномена життя біологічних систем являється науково встановленим і доведеним. Однак чіткого наукового розуміння, що саме є феномен біологічного життя, у медицині доки не було сформульовано і комплексно не

описані механізми цих явищ та процесів. У даній монографії колективом авторів зроблена спроба узагальнення існуючих між- і трансдисциплінарних знань для заповнення цього наукового пробілу з позицій системної медицини.

Науковий пошук нашої людської цивілізації характеризувався етапністю, нерівномірними темпами розвитку різних наукових напрямків і прямо залежав від рівня технічних можливостей та теоретичного розвитку знань. З причини неможливості одночасного наукового осягнення об'єктивної реальності логічним і виправданим довгий час був редуційний підхід, що розділив знання на фундаментальні науки (математику, фізику, хімію, біологію, тощо), різні наукові напрямки і галузі у межах даних наук. На сьогоднішній день як наслідок третьої науково-технічної революції і значного інформаційного «стрибка» накопичено значний пласт принципово нових наукових знань у відповідних галузях фундаментальних наук. Сьогодні проблемою став так званий «інформаційний бум», коли кількість нової наукової інформації у кожній окремо взятій науковій галузі стала перевищувати фізичні можливості її аналізу конкретною людською одиницею. Тому для сучасної епохи важливими науковими завданнями стають систематизація, між- і трансдисциплінарне узагальнення вже існуючих наукових знань. Це має принципове значення як для торжества істини фундаментального світового знання, так і для подальшого прогресу трансдисциплінарних наук, до яких відноситься і медицина.

Сьогодні людський організм є досить вивченим як на макроскопічному (органному, тканинному), так і мікроскопічному рівнях. При цьому розвиток електронної мікроскопії і появи нових методів гістологічних досліджень дозволили проникнути на нанорівень клітинної організації і вивчати польові/електромагнітні характеристики матерії. Сталося науково-експериментальне проникнення у глиб матерії і вже вивчені тонкі структури хімічних елементів на рівні до 10^{-8} см, поглиблено розуміння фізичних полів, відкриті нуклони, розмір яких 10^{-13} см, визначені параметри електрону ($m=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, радіус $r=2,82 \cdot 10^{-15}$ м, заряд $q=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл), розрахована фундаментальна постійна Планка ($h=6,62607015 \cdot 10^{-34}$ кг·м²·с⁻¹ згідно змін у системі СІ 2019 року) і відповідна їй за розміром найменша теоретично можлива фундаментальна частинка - максімон [7, 11-13, 17, 23].

Цей науковий прорив поряд із досягненнями квантової біофізики на сьогоднішній день дав можливість переглянути розуміння фундаментальних питань організації матерії людського організму на рівні мікросвіту і перебігу процесів біоенергетики атомарного рівня його тіла. У сучасних підручниках медичної біофізики з'явилися розділи, що описують квантово-механічні основи розподілу рівнів енергії в атомах і молекулах, квантово-механічні особливості будови біомолекул, спектри поглинання ними енергії, тощо. Як сумарний підсумок, розвиток фізики періоду кінця ХХ - початку ХХІ століть був ознаменований заміною фізичної моделі організації матерії на нову, засновану на квантовій теорії поля [11-13, 16, 22, 23].

На жаль, потрібно відзначити, що редуційний підхід у науці створив складність у кооперації вчених різних спеціальностей і в їх міждисциплінарній взаємодії. Вчені, кожної окремо взятої спеціальності знайомі зі знаннями своєї дисципліни і недостатньо інформовані в аспекті нових знань і відкриттів у інших сферах наукової діяльності. Розглядаючи медицину, як суто трансдисциплінарну сферу наукового знання, не можна не відзначити важливість і категоричну необхідність подолання труднощів міждисциплінарних наукових розривів і об'єднання наукових досягнень у межах системної медицини. Впровадження новітніх знань як фундаментальних дисциплін, так і їх окремих напрямків на сьогоднішній день необхідно для подальшого прогресу галузі і можливо відкриє шлях до подолання ряду невирішених медичних проблем людства. З цією метою у монографії були викладені і систематизовані у вигляді фрагменту загальної магнітоелектрохімічної теорії обміну речовин основні аспекти квантової теорії поля і принципово нові для лікарів фізичні принципи енергообміну на макро- і мікрорівнях живих систем, які були відкриті сучасною фундаментальною наукою, зокрема фізикою.

Розвиток цифрових технологій і поява більш досконалих технічних можливостей вивчення мікрорівня організації клітин на рівні атомів і їх польових структур розпочали нову віху у розумінні електромагнітної феноменології перебігу процесів у живих системах. Це зараз вимагає узагальнення, систематизації та впровадження у практичну галузь медичної науки сучасних результатів досліджень цих явищ, а також трансформації парадигми

їх теоретичного розуміння. Сьогодні науковий світ володіє багатьма новими знаннями, вирішеними завданнями у галузях біофізики, біології, біохімії в аспекті розуміння механізмів обміну речовин і організації матерії як на мікро-, так і на макрорівні живих біологічних систем, включаючи людину. Для сучасної системної медицини важливо зібрати ці нові знання у єдине логічне ціле. Дана монографія має за мету зробити першу спробу узагальнити наявні наукові знання у цій галузі.

Обмін речовин є ключовим науковим кластером для істинного розуміння функціонування й організації живої матерії, включаючи людський організм. Це так, оскільки саме обмін речовин у живих біологічних системах забезпечує безперервне надходження енергії і субстанцій, як базисних структурно необхідних компонентів для формування й існування морфологічної ланки реалізації феномену життя. Це так, оскільки саме обмін речовин забезпечує подальші витрати й трансформацію енергії та речовин у якості основного наслідку реалізації біохімічної ланки феномену життя. Надходження і трансформація енергії та субстанцій у живій біологічній системі викликають виникнення у ній процесів сприйняття, уподібнення, всмоктування, засвоєння, виділення речовин, прояви активності органів почуттів, розумову і фізичну діяльність організму. Зазначене у своїй сукупності розуміється нами як феномен життя біологічної системи. Однак, при пильному розгляді феноменології людського життя, необхідно відзначити, що крім надходження їжі, води і повітря, необхідно позначити ряд додаткових необхідних компонент, без яких життя буде неможливе. Ці складові раніше в науці називалися «вплив простору», а тепер під цим розуміється вплив електромагнітного випромінювання різного генезу, у першу чергу - ближнього космосу і планетарного випромінювання Землі - геомагнітного поля. Цей аспект викладено у другому томі даної монографії з позицій системної медицини у запропонованій концепції єдиної природної енергетичної системи «ближній космос: випромінювання сонця → іоносфера Землі і геомагнітне випромінювання → фотосинтез рослин → клітинне дихання, мітохондріальний синтез у тварин → генерація енергії людським організмом», - і зроблена спроба комплексного опису електромагнітної феноменології людського організму, як частини природного енергообміну. Це ще раз демонструє універсальність

законів енергообміну у Всесвіті, доводить, що людський організм є ланкою/частиною загального природного енергетичного ланцюга і підтверджує правильність саме системного підходу у подальшому вивченні процесів обміну речовин і енергії в живих біологічних системах, включаючи людину [14, 15].

Важливими аргументами до обґрунтування концептуальної системи поглядів на роль внутрішніх електромагнітних полів, магнітоелектрохімічної теорії обміну речовин і підготовки цієї монографії для колективу авторів стали факти накопичення значного пласту принципово нових фундаментальних знань стосовно ролі електромагнітних феноменів у функціонуванні людського організму.

З моменту наукового відкриття електрики і явищ біомагнетизму та з часів першого значущого 250-річного наукового прориву у світовій науці в цьому напрямку були досягнуті нові, суттєві наукові віхи. Однією із найбільш принципових і важливих із них безперечно являється наукове доведення того факту, що електромагнітні явища складають фундаментальну основу перебігу міжмолекулярних процесів у живих системах, а саме:

- те, що кожна жива клітина генерує електромагнітне випромінювання/поле високого ступеня когерентності в ході перебігу власних метаболічних процесів [2, 5, 13, 28];
- при цьому кожна жива клітина випромінює біофотони наднизької інтенсивності без зовнішньої стимуляції, що є проявом її електромагнітної активності [2, 8, 11, 16, 22, 28];
- ритм електромагнітних коливань є індивідуальним для кожної тканинної структури живого організму [2, 5, 12, 13, 23];
- електромагнітні випромінювання всіх органних структур упорядковуються на організменному рівні й утворюють когерентні електромагнітні хвилі [2, 13, 22, 23];
- біофотони в організмі людини можуть переміщуватись по мережі оптичних каналів, які описані в науковій літературі під назвою «первинна судинна система» (англ. *Primo Vascular System, PVS*) [13, 22, 23, 24-27];
- енергетичні властивості біологічної молекули обумовлені її хімічним складом, електронною структурою і

- хвильовими функціями стану електронів в її атомах [13, 16];
- життєдіяльність біомолекул у клітині обумовлена енергетичним функціонуванням колективізованої системи делокалізованих π -електронів, тому π -електрони названі «електронами життя», а шлях перетворення сонячної енергії за їх участі в біологічних системах - «електронною схемою життя» [16];
 - біомолекула – це сверідна «енергетична машина», що трансформує неспецифічну хімічну енергію аденозинтрифосфату (АТФ), у специфічні для даної молекули електромагнітні енергетичні коливання/кванти - солітони, які представляють собою подовжену хвилю деполаризації [4, 5, 13]; при цьому практично вся споживана організмом енергія в процесах функціонування живого перетворюється у солітони, що передаються головним чином по ланцюгах біополімерів, підтримуючи їх структуру, механічні конформації і хімічні взаємодії [2, 4, 5, 13, 22];
 - в живих системах має місце електромагнітне структурування молекули води в енергонапружені кристалічні фрактальні ланцюги, пов'язані з біополімером водневими зв'язками, які здатні забезпечувати пересування енергетичних квантів/солітонів без поглинання [4, 5, 13, 22];
 - водні ланцюги різних біополімерів змикаються один із одним, утворюючи єдину систему електромагнітних зв'язків між собою всіх біомолекул клітини і всіх клітинних систем організму, забезпечуючи управління життєво важливими процесами в клітинах шляхом резонансного поглинання квантів енергії керуючих потоків і обумовлюючи феномен «життя», яке з цього погляду виявляється існуванням енергонапружених молекулярно-водних систем, цілісність яких підтримується потоками енергії у вигляді квантів електромагнітного поля низькочастотного діапазону (солітонів) [4, 5, 13] тощо.

У ХХІ столітті були вже зроблені наступні фундаментальні відкриття:

- відкритий і досліджений феномен надслабкої емісії фотонів, який свідчить про постійне випромінювання фотонів живими тканинами людини [13, 19-22, 28];
- відкритий новий спосіб утворення енергії в живих біологічних системах - п'єзобіосинтез, який заповнив прогалину в знаннях щодо можливого механізму переходу механічної енергії в електричну [3, 13];
- відкрита і продовжує вивчатись нова анатомічна структура тіл ссавців - PVS, яка на думку вчених відповідає за транспорт і розподіл електромагнітної енергії [24-27];
- нарівні з електрографічними методами (електрокардіографією, електроенцефалографією) практичне застосування в світовій медицині отримали магнітокардіографія і магнітоенцефалографія [9, 11].

Всі ці нові фізико-біологічні знання потребують інтеграції у медицину й обумовлюють необхідність переосмислення багатьох парадигм патогенезу захворювань.

Основною відмінною характеристикою висвітлення матеріалу є його **комплементарність**. Використання подібного концептуального підходу обумовлено тим, що лікарі та наукові співробітники працюють в умовах багатовимірності, яка передбачає присутність факторів ризику та конфаундерів. Відповідно основною метою їх діяльності є зняття невизначеності, шляхом практичного перетворення можливостей в дійсність, вирішення протиріч при багатоваріантному розвитку подій. Багатоваріантність розвитку патологічного процесу, в свою чергу, пов'язана з міждисциплінарною та трансдисциплінарною оцінкою стану пацієнту.

Комплементарний принцип аналізу накопиченої інформації, що широко застосовується в даній монографії, має дати відповідь на питання, як найкращим чином підготувати молодих лікарів та науковців до сучасних умов функціонування в клінічних умовах, здійснення професійної діяльності в ситуації традиційних і принципово нових ризиків, враховуючи, що необхідна швидкість реагування на них постійно збільшується, а використання стандартів діяльності скорочуються в силу зростання невизначеності, а також

безперервної появи та розвитку нових методів діагностики та лікування.

Підкреслюючи необхідність розвитку міждисциплінарного мислення, автори звертають увагу на те, що, перш за все, належить з'ясувати які саме науки, які дисципліни й в якому обсязі можна об'єднати в темпоральні кластери, а з якими зробити правильні висновки неможливо. З цією метою нами прийнято рішення класифікувати розділи різних наукових напрямків за принципом їх комплементарності до проблеми створення та використання магнітоелектрохімічної теорії обміну речовин в організмі людини. Загальними проблемами залишаються при цьому глобальні питання щодо визначення знань, фіксації їх змін та обумовленої ними корекції прийняття рішень. У загальному плані структура знань вельми складна. Раніше [9] нами було запропоновано виділяти три кластери знань (рис. 1).



Рис. 1. Структура знань.

Перший кластер був названий за аналогією із стародавніми генізами, які були сховищем цінних історичних джерел (пам'ятаємо каїрську генізу, де, серед іншого, було виявлено Київський лист). Основні знання (другий кластер) складають стрижні класичних знань із спеціальними модулями (імпостами), що призначено для перенесення елементів знань за відсутності істинної трансдисциплінарності. Нарешті, третій кластер складають нові знання, які не пройшли ще всебічну перевірку. Саме таку класифікацію при створенні проблемного опису кожної наукової та практичної проблеми ми пропонуємо використовувати в медицині. Але серйозними труднощами стає відсутність єдиної термінологічної структури знань, термінологічні та семантичні неоднозначності, труднощі упорядкування, обумовлені існуванням пов'язаних термінів, мультітермінальність, тощо, що роблять задачі створення, пошуку та обробки знань надзвичайно важкими. Тому вкрай необхідною виявляється нова логіка узагальнення накопиченого матеріалу.

Комплементарний підхід, використаний нами в даній монографії, має всі підстави розглядатися як новий, і на наше глибоке переконання, перспективний науковий напрямок, що заповнює існуючий методологічний пробіл не тільки в науковому описі результатів пізнання, але й у практичному та освітньому використанні сучасних теоретичних висновків магнітоелектрохімічної теорії обміну речовин.

ОЗАР ПЕТРОВИЧ МІНЦЕР

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Беркинблит М.Б., Глаголева Е.Г. Электричество в живых организмах. ВАН, 2019. 288 с.
2. Бойко В.В, Красноголовец М.А. Квантово-биологическая теория. Факт. Харьков: Факт, 2003. 967 с.
3. Бойко В.В., Сокол Е.И., Замятин П.Н. Пьезобиосинтез: предпосылки, гипотезы, факты: монография: в 4 т. Харьковский политехнический институт.
4. Галль Л.Н., Галль Н.Р. Коллективные процессы в биомолекулярных системах. *Научно-технические ведомости СПбГПУ*. 2010. №2. С. 141–151.
5. Галль Л.Н. Физические принципы функционирования материи живого организма. Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета. 2014. 399 с.
6. Гальвани, Луиджи. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона: в 86 т. (82 т. и 4 доп.). Санкт-Петербург. С. 1890-1907.
7. Лучин А.А., Шапиро А.Л. Природа полей: взгляд с позиций классической физики и опыта. Москва: URSS, 2010. 120 с.
8. Мінцер О.П., Ватліцов Д.В. Фотоактивність біологічних молекул як можливий фактор корегування тригерзаалежних системних процесів (перше повідомлення). *Медицина інформатика та інженерія*. 2015. №4. С. 7-10.
9. Мінцер О.П., Заліський В.М. Системна біомедицина: у 2 т. Т. 1: Концептуалізація. Київ: Інтерсервіс, 2019. 549 с.
10. Сотина Б.С. Опыты и наблюдения над электричеством (Классика науки) / ред. ст. и коммент.; пер. с англ. В.А Алексеева. Москва: АН СССР, 1956. 271 с.
- 11.Потяженко М.М, Невойт А.В. Инновационные методики объективного обследования с компьютерным тестированием в эволюции регистрации физических феноменов врачом терапевтического профиля: история, реальность, перспективы. *Медицина інформатика та інженерія*. 2018. №4. С. 58-65.

- 12.Потяженко М.М., Невойт А.В. Энергетическая система человека: эволюция повторного научного открытия. *Укр. мед. часопис.* 2019. №2(2) (130). С.10-13.
- 13.Потяженко М.М., Невойт А.В. Энергетическая система человека в свете современных физико-биологических знаний, концепций, гипотез. *Український медичний часопис.* 2019; 4(132), №2. С. 24–29.
- 14.Потяженко М.М., Невойт А.В. Энергетическая система человека как часть природного энергообмена: значение для фундаментальной науки и медицины (часть I). *Український медичний часопис.* 2019; 5 (133), №1. С. 24-29.
- 15.Потяженко М.М., Невойт А.В. Энергетическая система человека как часть природного энергообмена: значение для фундаментальной науки и медицины (часть II). *Український медичний часопис.* 2019;6 (134), №1. С. 41-44.
- 16.Самойлов В.О. Медицинская биофизика. Санкт-Петербург: СпецЛит, 2013. 591 с.
- 17.Сухонос С.И. Пропорциональная вселенная. Москва: Дельфис, 2015. 320 с.
- 18.Харламова Т.Е. История науки и техники. Электроэнергетика: учеб. пособие. Санкт-Петербург: СЗТУ, 2006. 126 с.
- 19.Burgos R.C.R, Schoeman J.C, van Winden L.J., Červinková K., Ramautar R., Van Wijk EPA, Cifra M., Berger R., Hankemeier T., van der Greef J. Ultra-weak photon emission as a dynamic tool for monitoring oxidative stress metabolism. *Scientific RepoRts*, 2017. P. 1-9. DOI: 10.1038/s41598-017-01229-x
- 20.Cifra M., Pospíšil P. Ultra-weak photon emission from biological samples: definition, mechanisms, properties, detection and applications. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology.* 2014. V. 139. P. 2-10.
- 21.Esmailpour T., Fereydouni E., Dehghani F., Bókkon I., Panjehshahin M-R., Császár-Nagy N., Ranjbar M., Salari V. An experimental investigation of Ultraweak photon emission from Adult Murine neural Stem cells. *Scientific RepoRts*, 2020. V.10. 453p. DOI: .org/10.1038/s41598-019-57352-4
- 22.Mintser O.P., Potiazhenko M.M., Nevoit G.V. Evaluation of the human bioelectromagnetic field in medicine: the development of methodology and prospects are at the present scientific stage. *Wiadomości Lekarskie*, 2019; V.5. P. 1117-1121. DOI: 10.36740/WLek202006139
- 23.Nevoit G.V., Potiazhenko M.M., Mintser O.P., Babintseva LYu. Electro-Photonic Emission Analysis and Hardware-Software recoding of Heart Rate Variability during an Objective Structured Clinical Examination. *The World of Medicine and Biology*, 2020. V.4. P. 107-111. DOI: 10.26724/2079-8334-2020-4-74-107-111
- 24.Soh K-S., Kang K.A., Harrison D.K. The Primo Vascular System. Its role in cancer and regeneration. *Springer.* 2012. 336 p.

- 25.Stefanov M., Potroz M., Kim J. The Primo Vascular System as a new anatomic system. *J. Acupunct. Meridian Stud.* 2013. №6(6). P. 331–338.
- 26.Stefanov M., Kim J. Visualizing the peripheral Primo Vascular System in mice skin by using the polymer Mercox. *J. Pharmacopuncture.* 2015. V.18(3). P. 75–79.
- 27.Stefanov M., Potroz M., Kim J. The Primo Vascular system as a New Anatomic System. *Journal of Acupuncture and Meridian Studies.* 2013. V.6(6). P. 331-338.
- 28.Tinsley J.N., Molodtsov M.I., Prevedel R. Direct Detection of a Single Photon by Humans. *Nat. Commun.* 2016. V.7. P. 12-17.
- 29.Toybe Sh., Sagawa T., Ueda M. et al. Experimental demonstration of information-to-energy conversion and validation of the generalized Jarzynski equality. *Nature Physics.* 2010. V.6. P. 988–992.

КЛІНІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ПЕРЕОСМИСЛЕННЯ ОЦІНКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ФЕНОМЕНІВ ДЛЯ ПРАКТИЧНОЇ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я З ПОЗИЦІЇ СИСТЕМНОЇ МЕДИЦИНИ

Ніколи ще наша цивілізація не перебувала у такому неоднозначному становищі. З одного боку, у нас наявні досить значні успіхи науково-технічного прогресу, у тому числі у сфері медицини. З іншого - у всьому світі відзначається пандемія неінфекційних захворювань. Так, незважаючи на успіхи фармакотерапії, кардіохірургії, популяризацію здорового способу життя, щорічно за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я неінфекційні захворювання стають причиною смерті 41 млн осіб, із них 15 млн – це особи, які не досягли віку старості. В Україні показники смертності від неінфекційних захворювань мають критично високий рівень і за математичними розрахунками можуть привести до знищення населення країни протягом наступних двох століть [11, 18, 28-30].

Якщо проблема довгий час залишається невирішеною, на нашу думку, варто спробувати поглянути на неї під іншим, новим кутом. З цією метою вкрай важливо і далі намагатися відпрацьовувати всі нові наукові відкриття і розробки, продовжувати розглядати всі гіпотетичні можливості патогенезу і лікування неінфекційних захворювань.

XXI століття вже ознаменоване наявністю значного пласту наукових знань нового рівня, напрацьованих фізиками, біологами, хіміками, математиками і інженерами, щодо сучасних фундаментальних питань бачення організації і будови матеріального світу, живої та неживої матерії. Сьогодні принципи атомарної

будови речовини доступні розумінню кожної людини. Загальновідомими є факти, що ядро атому - це позитивно заряджений протон, а навколо нього обертаються негативно заряджені електрони. При цьому і електрони, і протони є згустками енергії. Від властивостей, якісно-кількісних характеристик цих енергій атомарного рівня і залежать матеріальні прояви матерії: її зовнішній вигляд, щільність, організація у просторі. Цей принцип універсальний і розповсюджується на все існуюче. У тому числі це справедливо і для тканин людського організму. Виходячи з фізичних основ будови, ми є у кінцевому підсумку організованими на атомарному рівні згустками енергії. І якщо раніше рівень технічного розвитку дозволяв вченим приймати це як гіпотезу, то сьогодні це - вже доведений факт [17, 18].

Науково-технічний прогрес забезпечив медичну клінічну діагностику високоінформативними інструментальними методами. Появі кожного із них медицина зобов'язана відкриттями у галузі фізики. Початком вивчення біоенергетичної складової людини можна вважати 1838 рік, коли за допомогою гальванометра К. Маттеуччі (італ. *C. Matteucci, 1811-1868*) вперше довів, що зовнішня поверхня м'яза заряджена електропозитивно по відношенню до його внутрішнього вмісту. У 1887 році була зареєстрована перша електрокардіограма, у 1928 році - перша електроенцефалограма людини. На початку ХХ століття Де Ла Фюї (франц. *De La Fuy*) створив перший прилад для електропунктури. Завдяки подальшому розвитку цього наукового напрямку сьогодні технічні можливості дозволяють вивчати біоелектричні феномени з окремих клітин. У ХХІ сторіччі завдяки впровадженню програмно-апаратних комп'ютеризованих приладів електропунктурна діагностика і електрографія сьогодні також вийшли на новий виток розвитку [16, 18, 19].

З подальшим розвитком фізики, поглибилось розуміння не лише електричної, а й магнітної складової енергетики людського тіла. Так, у 1892-1894 роках уперше науковому світу був представлений новий метод використання електромагнітного випромінювання газорозрядної плазми для візуалізації живих організмів і обґрунтовано його застосування в медицині для оцінки фізіологічного стану організму - «метод реєстрації енергії, що випускається живим організмом при впливі на нього електричного поля», «електрографія», (1890, розробник - Я.О. Наркевіч-Іодко,

Польша-Білорусія). Метод електрографії Наркевіча-Іодко отримав світове визнання у науковців свого часу, проте згодом був забутий [1, 9, 17, 18, 27].

У 1939 році спосіб візуалізації електромагнітного поля живих об'єктів був повторно відкритий С.Д. Кірліаном і став відомий під назвою «кірліанографія» (авторське свідоцтво № 106401 на "спосіб фотографування об'єктів у струмах високої частоти", 1949). Але метод С.Д. Кірліана був засекречений в СРСР, що значно уповільнило розробку фізичного пояснення даного феномену. Фізична суть явища світіння об'єктів у струмах високої частоти була розкрита К.Г. Коротковим (СРСР-Росія). Завдяки 50-річній роботі російської школи під керівництвом К.Г. Короткова кірліанграфії була вдосконалена і еволюціонувала у нові методики - газорозрядну візуалізацію, а згодом у аналіз емісії фотонів в газовому розряді, які отримали практичне впровадження і зараз сертифіковані у 70 країнах світу. У ХХІ сторіччі зазначені методики отримали технічні можливості цифрової обробки, комп'ютеризації, сучасне програмне забезпечення, сервери централізованого накопичення і дистанційні можливості обробки й аналізу бази даних результатів. Починаючи з 80-х років ХХ століття завдяки науковим ідеям і роботам німецького вченого П. Мандела (нім. *P. Mandel*, Германія), який, спираючись на ідеї древніх східних медичних шкіл, розробив секторальну схему інтерпретації світіння в короні газового розряду, з'явився новий перспективний науковий напрямок оцінки результатів застосування даних методик у клінічній медицині. В Україні останні десятиліття вивченням цього напрямку продовжує займатись київська і діпровська школи під керівництвом вчених-професорів О.П. Мінцера, Л.А. Пісоцької. На сьогоднішній день отримано 4 патенти, зроблено понад 100 наукових публікацій відносно можливостей застосування методу в практичній охороні здоров'я [10, 12-15, 17, 18].

Значний науковий прорив зроблено у вивченні біомагнітних феноменів людського організму завдяки застосування методу магнітографії. З появою у 70-х роках ХХ століття магнітометрів на основі надпровідних квантових інтерференційних вимірювачів магнітного потоку - датчиків-градіометр СКВІД (від англійського SQUID - Superconducting Quantum Interference Device), зазначені методики отримали можливість практичного використання у клінічній медицині [5].

Кінець ХХ століття дав початок розвитку галузі інформаційної медицини [17, 18, 22, 28]. Так були застосовані радіометри для вивчення радіосигналів і спектрів інфрачервоних частот інформаційних сигналів людини, тощо.

Таким чином біоелектрична і біомагнітна складові людського організму, як і принципи атомарної будови тіла, стали вже незаперечними з позицій доказової медицини і продовжують вивчатися. Детальне вивчення електромагнітної фізіології людського тіла є перспективним науковим напрямком із міждисциплінарних позицій системної біології і системної медицини.

Інше питання, що існує проблема: не дивлячись на наукове визнання, даний пласт фундаментальних знань не пройшов повної інтеграції саме до академічної медицини. Питання електромагнітної суті атомарної будови є давно зрозумілими і визнаними у фізиці. Давно зрозуміло, що хімічні властивості речовини зумовлені електромагнітними характеристиками атомів, що її утворюють. Цей факт давно викладається у школах і у вищих учбових закладах. Але погляд вчених-медиків обмежився доки розглядом молекулярного рівня будови людського тіла та домінуючою продовжує залишатися біохімічна парадигма обміну речовин і відповідно патогенезу захворювань внутрішніх органів. Більшість сучасних вчених-медиків у своїй практичній діяльності продовжують керуватися поглядами-знаннями, напрацьованими колегами клініцистами ХІХ-ХХ століть, діагностуючи і лікуючи хворобу лише за показниками патологічних змін у органах, тканинах органів, клітинах і молекулах/біохімічних параметрах. Відомі біологічні магнітоелектричні прояви життєдіяльності людського організму розглядаються медиками вузькопрофільно і швидше, як симптоми додаткових методів дослідження, а не з позицій першопричини. Наприклад, електрокардіографічні зміни є додатковими методами діагностики в кардіології, тощо.

Однак, виходячи із сучасних фізичних знань, очевидно, що всі біохімічні реакції, які відбуваються у тілі людини мають електромагнітну природу. Тобто весь обмін речовин у людському тілі – це електромагнітні процеси за своєю фізичною сутністю. Відповідно і цілком логічно, що електромагнітні явища утворюють основу того людського стану, який називається життям, і

нівелюються при переході в інший стан, названий смертю фізичного тіла. Правомірно думати, що саме електромагнітні явища обумовлюють ті сумарні фізичні відчуття, що називаються з позицій медицини станом здоров'я або хворобою. І мабуть кількісні й якісні електромагнітні сумарні характеристики людського тіла зумовлюють ступінь людського здоров'я, особливості розладу енергетичного обміну відповідають тому чи іншому захворюванню, а вичерпання або припинення утворення електромагнітної енергії у тканинах живої біологічної системи призводить до її загибелі – біологічної смерті. При виникненні патології у органах тіла, ми маємо повне право вважати, що змінюються у першу чергу енергетичні характеристики електронів і ядер атомів, що спричиняє зміни у молекулах, а далі зміни проявляються на більш високих ієрархічних рівнях будови - у клітинах, тканинах, органах і їх системах. Ніколи неінфекційні захворювання не виникали миттєво. Маніфестації будь-якої хвороби передують значний доклінічний період без патологічних відхилень у традиційно досліджуваних біохімічних показниках середовищ людського організму. Але вже у доклінічному періоді, коли патогенетичні фактори запустили механізми патологічної трансформації на атомарних енергетичних рівнях, людина не є здоровою, хоча і не має клінічно значущих симптомів для діагностики згідно існуючих стандартних алгоритмів ведення даних груп пацієнтів.

Ключовою думкою даної монографії є ідея погляду на хворобу або здоров'я як на сумарні енергетичні стани атомів клітин тих чи інших тканин. Ухвалення і подальше вивчення цієї ідеї безперечно може сприяти поглибленню фундаментальних знань щодо функціонування людського організму в нормі і при патології, і в кінцевому підсумку призвести до вирішення багатьох проблем у медицині, у тому числі і в аспекті боротьби з неінфекційними захворюваннями.

Важливо розуміти, що електромагнітні прояви обумовлюють такі принципові аспекти життєвої активності людини як ментальна і емоційна сфери. Цей факт являється підтвердженням змінами при реєстрації електроенцефалограм і магнітоенцефалограм в ході ментального та емоційного навантаження респондентів. Доведено, що багато захворювань із групи неінфекційних захворювань являються психосоматозами. Доведена роль психосоматичної

складової при ішемічній хворобі серця, гіпертонічній хворобі, виразковій хворобі шлунка, виразковій хворобі дванадцятипалої кишки і багатьох інших захворюваннях внутрішніх органів. Стрес давно вже визнаний універсальним етіопатогенетичним фактором, що пригнічує імунну систему організму та є головним пусковим механізмом, що призводить до клінічного прояву хвороби будь-якого органу і системи. Однак, як власне функціонує психічна сфера, як саме і через які кінцеві механізми впливу відбувається вплив її на тканини, органи і системи людського організму, повних і досить переконливих даних опису цих механізмів у фундаментальній медицині до теперішнього часу немає. Тому патогенез гіпертонічної хвороби, як і безлічі психосоматичних захворювань, психічної етіопатогенетичної складової у механізмах розвитку неінфекційних захворювань залишаються практично не вивченими. У той же час перегляд наявних фундаментальних знань через призму магнітоелектрохімічної концепції обміну речовин і організації функціонування людського організму міг би принципово розкрити і пояснити багато питань. Так з позицій доказової медицини астеновегетативний синдром як би і не існує, оскільки на сьогоднішній день медицина і наукова практика ніяк не можуть підтвердити його наявності інструментально, а головне пояснити до кінця механізм появи єдиної скарги у пацієнта на «відсутність сил». Тобто є великий практичний клінічний досвід, який свідчить, що астеничний синдром існує, але поки відсутнє його чітке наукове пояснення і можливість підтвердження додатковими методами дослідження з позицій ортодоксальної класичної медицини. Однак якщо застосувати підходи системної медицини, екстраполювати наявні фізичні знання квантової фізики на процеси обміну речовин, що відбуваються у відповідних клітинах і тканинах людського організму, то можна отримати наукове пояснення цього клінічного синдрому. Це можна зробити, виходячи саме із позицій магнітоелектрохімічної теорії обміну речовин, фізична концептуалізація якої викладена у томі 1 даної колективної монографії.

Відкритим для обговорення питанням залишається методологія подальшого вивчення біоелектромагнітної складової у практичній медицині. Як раніше було зазначено, на сьогоднішній день у медичній практиці технічно можуть бути використані три способи:

- 1) графічний запис магнітного поля (магнітографія);
- 2) фотографування магнітного поля (кірліанографія, газорозрядна візуалізація);
- 3) реєстрація електричних потенціалів із поверхні тіла (електропунктурна діагностика/шкірно-гальванічне тестування).

Магнітографія є загально визнаним методом оцінки людського біологічного магнетизму, який найбільш успішно розвивається. Встановлено, що магнітне поле людини породжується змінними біострумами, має індукцію 10^{-14} - 10^{-11} Тл і виходить за межі фізичного організму. У людини найсильніший електромагнітний сигнал дає серце. Технологія магнітокардіографічного картування розвивалася протягом понад 40 років. Внаслідок важливості вивчення діяльності серця людини із урахуванням актуальності проблеми неінфекційних захворювань роботи з магнітокардіології довгий час кількісно лідирували у сфері біомагнітних досліджень. Подібні дослідження здійснювались і в Україні. Ще у 2007 році провідні розробники цієї методики у нас в країні були відзначені Державною премією України в галузі науки і техніки. Також в мас-медіа українськими вченими було заявлено про створення нової вдосконаленої моделі магнітокардіографа, розробленої фахівцями радіофізичного факультету Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна при співпраці із центром Інституту космічних досліджень міста Львова. Застосування методу магнітокардіографічного картування у якості скринінгової технології обстеження великих груп пацієнтів за своєю чутливістю, клінічною інформативністю та абсолютною безпечністю не має аналогів. До основних переваг магнітного картування можна віднести не лише неінвазивність, але, і в першу чергу, можливість виявлення циркуляторних компонент струмів дії та абсолютну відсутність впливу анізотропного середовища (тіло людини), що оточує серце. Продемонстровано, що регіональні зміни дисперсії реполяризації, які досить чітко відображаються на епікардіальній поверхні серця, здебільшого не знаходять відображення як у результатах поверхневої 12-електродної електрокардіограми, так і у результатах 64-електродного електрокардіографічного картування. Таке обмеження чутливості потенційних вимірювань на поверхні тіла обумовлено просторовою конфігурацією кардіологічних електричних джерел і відображенням результатів їх реєстрації у

скалярному вигляді. Принципово важливо, що магнітокардіографія фіксує первинні зміни магнітного поля у серці людини, що є ознакою зародження хвороби: ішемії, аритмії, серцевої недостатності. Традиційною ж електрокардіограмою можна визначити тільки факт уже розвиненої хвороби [3, 16-18, 21]. Зазначене свідчить на користь, висунутої авторами монографії ідеї, що хвороба або здоров'я - це відображення сумарного енергетичного стану атомів тканин. На жаль, магнітокардіографи через значну вартість обладнання наявні лише у поодиноких великих клінічних центрах, що принципово обмежує використання методу. Так магнітокардіограф працює у Національному науковому центрі Інститут кардіології імені академіка М.Д. Стражеска. Поки що магнітокардіографія продовжує залишатись недоступною у якості рутинного обстеження на першому-третьому рівнях надання медичної допомоги в Україні.

Відносно дослідження магнітного поля головного мозку доки має місце аналогічна ситуація. Дане обстеження недоступне для рутинної медичної практики також з причини високої вартості обладнання. Однак успіхи фізико-математичних наук у галузі атомарної магнітометрії вивели магнітоенцефалографію у лідери сучасних технологій нейроіміджингу, дозволивши реєструвати надслабкі магнітні поля головного мозку від одиниць фемтотесла до одиниць пікотесла. Метод має унікальні характеристики, які дозволяють із високою точністю локалізувати джерела активності нейронних популяцій кори головного мозку людини у просторі і часі, досліджувати базові сенсорні й моторні функції мозку, динаміку когнітивних процесів пам'яті, уваги, емоцій, мозкових механізмів мовлення. Провідними компаніями-розробниками продовжується робота у напрямку оптимізації обладнання з метою зробити його дешевшим, компактнішим і мобільнішим, досягти ще більш високої точності картування [17-19, 20, 23, 28].

На відміну від магнітографії зробити аналіз емісії фотонів у газовому розряді з пальців рук пацієнта технічно більш просто. Принцип методу базується на фотореєстрації живого об'єкту після впливу на нього високочастотним полем. Використання аналізу емісії фотонів у газовому розряді з пальців рук пацієнта у клініці внутрішніх хвороб може у майбутньому стати істотний внеском в уявлення патогенезу багатьох захворювань. XXI століття характеризується не лише пандемією неінфекційних захворювань,

але й поліморбідністю пацієнтів. Це значно змінює і ускладнює клініко-діагностичний пошук та можливості призначення обґрунтованого персоніфікованого адекватного лікування. У той же час за допомогою аналізу емісії фотонів у газовому розряді з пальців рук пацієнта за кілька хвилин за характером і типом світіння у певних сегментах зафіксованого зображення може бути проведений швидкий об'єктивний скринінг загального стану людини, дана оцінка його валеологічного статусу і зроблено попередні висновки відносно можливої локалізації патологічних процесів з боку органів і їх систем. Подібна швидка верифікація симптоматики у пацієнта за допомогою аналізу емісії фотонів у газовому розряді з пальців рук пацієнта може, на наш погляд, являти собою безперечну перевагу для ранньої діагностики пацієнтів в умовах роботи сімейного лікаря в амбулаторії на першому і другому рівнях надання медичної допомоги. На сьогоднішній день зростання рівня фундаментальних знань у галузі фізики сприяє перегляду існуючих стереотипів трактувань щодо енергоінформаційної медицини і клінічних можливостей її методик. Унікальність даного методу полягає і в тому, що чутливість аналізу емісії фотонів у газовому розряді з пальців рук пацієнта дозволяє реєструвати і проводити об'єктивну оцінку змін магнітного поля людини в ході навіть зміни його емоційного статусу (гнів, депресія, радість, тощо). Це може відкривати майбутню перспективу подальшого наукового вивчення психічної і психосоматичної складових патогенезу захворювань. На жаль, аналіз емісії фотонів у газовому розряді з пальців рук пацієнта доки в клінічній медицині не отримав широкого впровадження. Після винаходу методу подружжям Кірліан у 30-ті роки ХХ століття в СРСР, в Україні були продовжені роботи в Українському науково-дослідному інституті технологій машинобудування міста Дніпропетровська для вирішення задач космічних польотів. С.Ф. Романій розробив і сертифікував прилад для газорозрядної візуалізації магнітного поля людини, який пройшов клінічні випробування на кафедрах Дніпропетровської державної медичної академії в СРСР. Медиками дніпропетровської школи був зроблений значний науковий внесок у створення бази фундаментальних знань з цього напрямку. В основу були взяті принципи діагностики за термінальними точками акупунктурних меридіанів за доктором П. Манделом (*P. Mandel*, Німеччина), розроблені методичні рекомендації, затверджені Міністерством охорони здоров'я України

щодо застосування кірліанографії у різних галузях медицини. Піонерами української школи кірліанодіагностики були Г.В. Дзяк, Л.В. Новицька-Усенко, С.А. Мунтян, О.П. Мінцер, Л.І. Найден, Л.А. Пісоцька, Г.І. Гулевська, Д.К. Рукавишникова. В Україні також була розроблена більш вдосконалена модель приладу-реєстратора ефекту Кірліан - «РЕК-1». Сконструйована вона була інженером О.С. Надхо. З причини економічно-фінансових складнощів робота по впровадженню технології залишається незавершеною, хоча і продовжується зараз ентузіастами-науковцями української школи під ініціативним керівництвом О.П. Мінцера. Не дивлячись на значну перспективність, високу інформативність методу, відсутність фінансування даної розробки і неврегульованість юридичної сторони питання реєстрації приладу перешкоджають доки широкому використанню аналізу емісії фотонів в газовому розряді з пальців рук пацієнта в практичній охороні здоров'я [12-15, 17, 18, 28].

Третій можливий метод дослідження електромагнітних параметрів людського організму - електропунктурна діагностика/шкірно-гальванічне тестування. На сьогоднішній день це досить вивчена, науково-практично обґрунтована, адаптована до ідеології сучасної медицини і найбільш доступна методика для широкого використання у практичній охороні здоров'я. Суть її діагностичних підходів передбачає, що будь-які патологічні процеси в тканинах організму створюють свій, специфічний патерн частотно-хвильових параметрів і відповідно змінюють показники електропровідності і/або інших біофізичних характеристик в репрезентативних точках на шкірі. Зазначене дозволяє, вимірявши і оцінивши значення цих показників, судити про функціональний стан пацієнта [4-8]. Значення цього методу для розвитку біоенергетичної і фундаментальної медицини дійсно унікальне. Саме електропунктура вперше дала можливість наочно підтвердити і топічно «візуалізувати» хід енергетичних каналів/меридіанів на шкірі людини, трансформувавши акупунктуру з успішного, але емпіричного напрямку у науковий. Електропунктура дала можливість науково підтвердити істинність багатьох канонів знань стародавньої східної медичної системи, поклавши початок їх усвідомленої інтеграції у медицину заходу. Вона позбавлена недоліків двох попередніх методів: обладнання компактне, мобільне, має відносно

доступну вартість, сертифіковане і дозволено до продажу в Україні і за кордоном як прилади медичного призначення. Гіпотетично ним може бути оснащений кабінет будь-якого сімейного лікаря або медичний стаціонар, що також створює передумову можливості масового його використання. Відносною перешкодою до його широкого повсюдного застосування доки є виключно недостатня інформованість лікарів терапевтичного профілю про сутність і клінічні можливості методики, а також неповна інтегрованість нових фундаментальних знань до академічної медицини. Починаючи зі старту у західній медицині 100 років тому і до сьогоднішнього часу, науковий розвиток методу електропунктури відбувався в основному в сегментах рефлексотерапії і традиційної (народної) медицини. Розвитку електропунктури в Україні, як і в інших країнах пострадянського простору сприяла постанова Державної комісії Ради Міністрів СРСР №211 від 06.06.1989 року про створення і впровадження приладів експрес-діагностики для вдосконалення методів і достовірності оцінки стану пацієнта, оснащення медичних установ простими і ефективними засобами діагностики. Завдяки ентузіазму та наполегливості ряду вчених пострадянських країн, насамперед Ю.В. Готовському, на сьогоднішній день це завдання можна вважати гіпотетично виконаним. Зараз ряд методів не тільки має затверджену на державних рівнях методичну базу, офіційну реєстрацію і дозвіл на використання, але завдяки комп'ютеризації та сучасному програмному забезпеченню приладів, може бути застосований у дослідженнях доказової медицини. Комп'ютерні технології зробили можливими автоматичну реєстрацію показників вимірювань, швидку статистичну обробку отриманих даних, підвищили інформативність і наочність електропунктурної діагностики, зробивши її результати придатними до статистичної обробки, а саме обстеження зручним для практичного застосування в охороні здоров'я. Найбільш відомими апаратними методами є технічні засоби аурикулярної діагностики, електропунктурної діагностики за методами Р. Фолля (нем. *Reinhold Voll*, 1909-1989, Германія), Х. Шіммеля (Н. Schimmel, Германія) - електропунктурний вегетативний резонансний тест, І. Накатані (Y. Nakatani, Японія), К. Акабане (K. Akabane). Впродовж останнього десятиріччя намітилася тенденція до розширення застосування цих приладів серед стоматологів, травматологів, в сфері відновлювальної медицини. Доведена значна клінічна ефективність

апаратних методів рефлексотерапії при невропатіях, поліневропатіях, дорсопатіях, післяінсультних розладах, в лікуванні функціональних розладів нервової системи [5-8, 22, 25, 26]. В перспективі використання електропунктурної діагностики в комплексній діагностиці хворих на неінфекційні захворювання може мати як значну наукову цінність, так і принципово оптимізувати алгоритми ведення пацієнтів із даними нозологіями. Слід зазначити, що даний метод на відміну від двох попередніх характеризується наявністю не лише діагностичних, але і лікувальних можливостей. Йдеться про так звану біорезонансну терапію. Це збільшує його потенційну практичну цінність для лікарів-інтерністів [7, 17, 18, 24].

Всі перспективні вищезазначені три методи додаткового дослідження електромагнітної складової людського тіла є принципово різними, самостійними науковими напрямками. Результати, отримані в ході їх застосування, можуть доповнювати один одного. В цілому дослідження біоелектричної і біомагнітної складових людського тіла – це надзвичайно наукомісткий медичний розділ, який знаходиться на стику багатьох наукових напрямків. Його подальший розвиток безпосередньо залежить із одного боку від сучасних досягнень в галузі фізики, техніки та інформаційних технологій, з іншого - від людського фактору: від готовності медичних умів сприйняти й обробити накопичені нові знання, опрацювати ідеї їх грамотного, доступного і адекватного використання в медицині та у майбутньому від підготовки необхідної кількості фахових медичних кадрів.

Як стверджує філософія: світ - це об'єктивно існуюча реальність, яка не залежить від того, хто пізнає його розумом. Фізичні та біологічні закони природи існують та працюють незалежно від людського знання і розуміння їх. Електрика та магнетизм існували і до офіційного відкриття їх наукою. Аналогічно людина має таку будову тіла як має. Заради справедливості треба відмітити, що багато видатних наших колег-науковців минулого передбачали енергетичну природу будови організму людини [17, 18].

Так В.М. Бехтерев писав, що *«індивід є результат впливу зовнішніх енергій, він сам є скупчення енергій, головним акумулятором яких є клітинні елементи»* [2].

Я.О. Наркевич-Юдку належить вислів, що «...весь світ оточений і наповнений електрикою. Кожна людина є електрична машина, яка, з одного боку, виробляє електрику (один його сорт - тваринна електрика) і віддає у навколишнє середовище, а з іншого боку - поглинає електрику (інший його сорт - атмосферна електрика) з навколишнього середовища. Таким чином, в організмі людини йде постійний обмін між двома сортами електрики, і до того ж у кожному стані окремо напруга електрики в організмі буває різною. Настрій, захворювання різними хворобами супроводжується певними і для кожного випадку постійними напругами в організмі» [1, 9, 27].

Технічний рівень науки того часу не давав можливості на тому історичному етапі розглядати цей факт, як аксіому. Сьогодні магнітоелектрохімічна сутність будови людського тіла є вже доведеним науковим фактом. Перед нами, вченими-медиками сучасності, тепер стоїть завдання ресинтезу наявного наукового пласта напрацьованих знань із подальшою їх інтеграцією до фундаментальної і практичної медицини. Висловлюємо думку, що це один з основних шляхів сучасного і реального наукового пошуку, який може привести людство до вирішення проблеми неінфекційних захворювань і реальних змін методологічних підходів в роботі лікарів внутрішньої медицини.

Магнітоелектрохімічна теорія має значний парадігмально трансформуючий потенціал і створює передумови для значного поглиблення фундаментальних знань у медицині і клініці внутрішніх хвороб, зокрема [17, 18]:

- У ревматології знання механізмів функціонування первинної судинної системи і перебігу біохімічних процесів з урахуванням їх магнітоелектричної компоненти і трансформації біофотонів у сполучній тканині зумовлюють можливість перегляду патогенезу системних захворювань сполучної тканини і відкриття нових підходів до їх терапії.
- Ці знання також можуть на сучасному науковому рівні дати пояснення проявам шкірної симптоматики при захворюваннях внутрішніх органів, а також створити новий науковий напрям у дерматології та алергології.

- Іридодіагностика, діагностика за змінами на язичку, зони Захар'їна-Геда й інші напрацювання рефлексології, переглянуті з позицій магнітоелектрохімічної теорії обміну речовин, отримують сучасне наукове пояснення.
- Досягнення квантової біофізики дозволяють повному поглянути на медикаментозну терапію, а саме вивчати, як саме той чи інший фармакологічний агент через механізми акцепції електронів впливає на клітинний метаболізм та системний електромагнітний статус людини.
- Більш глибоке розуміння людиною себе як невід'ємної енергетичної частки світового космічного простору також може сприяти її внутрішньої гармонізації, популяризації здорового способу життя та поліпшенню взаєморозуміння між людьми.
- Знання і розуміння системних електромагнітних енергетичних взаємодій і перетворень у організмі людини може з позицій системної медицини допомогти розібратися у тому, як сигнали навколишнього світу керують активністю генів, зрозуміти епігенетичні механізми впливу на ДНК, сутність єдності психічного і фізичного здоров'я і енергоінформаційної взаємодії.
- Імплементация до академічної медицини новітнього кластеру уявлень стосовно системних енергетичних електромагнітних взаємодій і магнітоелектрохімічної теорії обміну речовин дозволило б вирішити існуючий сьогодні в медицині парадокс, коли висока клінічна ефективність і уявлення про механізми впливу лікувального фактору у таких високотехнологічних методів, як біорезонансна терапія, діагностика по Р. Фоллю, рефлексотерапія, гомеопатія, магніто- і лазеротерапія, світлотерапія, тощо, знаходяться як би поза сферою фундаментальних медичних знань, незважаючи на доведеність фізиками, математиками, інженерами і високоефективною практикою клінічного застосування.

- Науково-перспективним видається подальше вивчення електромагнітних даних із біологічно активних точок/зон шкіри людини із використанням сучасних технологій. Для цього існують реальні передумови, оскільки апаратура комп'ютеризованого методу електропунктурної діагностики є зареєстрованою в Державному реєстрі медичної техніки і виробів медичного призначення та є дозволеною до використання у медичній практиці в Україні. Науковий інтерес може представляти оцінка можливостей її застосування у терапевтичній практиці та сімейній медицині в алгоритмах скринінг-тестування коморбідних станів у хворих на неінфекційні захворювання, а також із метою оцінки валеологічного статусу пацієнтів.
- Підходи сучасних фізико-біологічних позицій можуть дати ключ до подальшого вирішення світових медичних проблем ХХІ століття, таких як пандемія хронічних неінфекційних захворювань - серцево-судинної патології, цукрового діабету, раку.

При всьому цьому магнітоелектрохімічна теорія обміну речовин не протирічить існуючій системі наукового знання, але доповнює і поглиблює її, дозволяючи науково зрозуміти саме фундаментальні явища існування матерії, а в медицині – феномени біологічного життя, здоров'я і смерті людського організму.

На закінчення передмови стосовно проблемі хотілося б згадати слова Віктора Гюго: *«Є щось більш сильне ніж всі війська на світі: це ідея, час якої настав».*

МАКСИМ МАКАРОВИЧ ПОТЯЖЕНКО

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Березкина Н.Ю., Гапоненко О.А. Яков Оттонович Наркевич-Иодко (1847—1905): биобиблиографический указатель. науч. ред. Киселев В.Н. Национальная академия наук Беларуси. Комиссия по истории науки. Центр. науч. б-ка им. Я. Коласа. Минск: Беларуская навука, 2010. 240с.
2. Бехтерев В.М. Коллективная рефлексология: монография. Москва: Наука, 1993. 480 с.
3. Бородай А.А., Сосницкая Т.В. Магнитокардиография: непонимание и разочарование от дефицита знаний. *Укр. кардиол. журн.* 2008. №7. URL: <http://medic.ua/bolezn/magnitokardiografiya-neronimanie-i-r/>
4. Василенко А.М., Готовский Ю.В., Мейзеров Е.Е., Блинков И.Л., Королева Н.А., Каторгин В.С. Электропунктурный вегетативный резонансный тест: метод. рекомен. № 99/96. Министерство здравоохранения Российской Федерации, Науч.-практ. центр традиционной медицины и гомеопатии. Москва, 2000. 25 с.
5. Гаврилова Н.А., Коновалов С.В., Резаев К.А., Гаврилов А.П., Фадеев А.А., Дубова М.Н., Мейзеров Е.Е. Электропунктурная диагностика по методу И. Накатани: метод. рекомен. №2002/34 Министерство здравоохранения Российской Федерации, Науч.-практ. центр традиционной медицины и гомеопатии. Москва, 2002. 32 с.
6. Готовский М.Ю., Мейзеров Е.Е. Опыт эффективного применения современных аппаратных методов диагностики и лечения заболеваний, основанных на холистической модели здоровья. *Комплементарная медицина: состояние и перспективы правового регулирования.* 2015. 54-61.

7. Готовский М.Ю., Перов Ю.Ф., Чернецова Л.В. Биорезонансная терапия: монография. 3-е изд. Москва: ИМЕДИС, 2003. 206 с.
8. Готовский Ю.В., Самохин А.В. Практическая электропунктура по методу Р.Фолля: учеб. пособ. 5-е изд. Москва: ИМЕДИС, 2017. 620 с.
9. Грыбкоўскі В.П., Гапоненка В.А., Кісялёў У.М. Прафесар электраграфіі і магнетызму: Якуб Наркевіч-Ёдка. Мінск: Навука і тэхніка, 1988. 69 с.
10. Кришень П.Ф., Пісоцька Л.А., Найдьон Л.Н., Дементій Н.П., Демчик О.М. Застосування методу кірліан-графічної оцінки функціонального стану організму людини в гастроентерологічній практиці: метод. реком. МОЗ України. Київ, 2004. 11 с.
11. Круглий стіл Верховної Ради на тему «Перемогти смерть: ключові чинники, що впливають на тривалість життя українців» від 10 червня 2019 року. URL: <https://rada.gov.ua/print/172805.html>
12. Мачерет Є.Л., Мінцер О.П., Чуприна Г.М., Пісоцька Л.А. та ін. Застосування експрес-методу кірліан-графічної оцінки функціонального стану організму людини для встановлення судинних порушень в області голови та адаптації організму до них: метод. рекомен. МОЗ України від 8.11.04 р. № 275. Київ, 2004. 10 с.
13. Песоцкая Л.А. Кирлианография в медицине. Днепропетровск, 2008. 107 с. URL: <http://www.kirlian.dp.ua/index.php/effekt-kirlian>
14. Пісоцька Л.А., Гриценко О.М. Спосіб експрес-оцінки адаптаційних резервів організму людини: Деклараційний Патент України на корисну модель №6602 А61В5/05. Бюл. № 5. 2005.
15. Пісоцька Л.А. Кірліан-діагностика в терапевтичній практиці: інформаційний лист. Дніпропетровськ, 2003. 2 с.
16. Полякова И.П. Магнитокардиография: историческая справка, современное состояние и перспективы клинического применения. *Креативная кардиология*. 2011. №2. С. 103-133.
17. Потяженко М.М., Невойт А.В. Инновационные методики объективного обследования с компьютерным тестированием в эволюции регистрации физических феноменов врачом

- терапевтического профиля: история, реальность, перспективы. *Мед. інформ. інженер.* 2018. №4. С. 57-65.
18. Потяженко М.М., Невойт А.В. Неінфекційні захворювання: пошук альтернативних рішень проблеми з біофізичних позицій. *Практикуючий лікар.* 2019. №1. С. 57-62.
19. Потяженко М.М., Невойт А.В. Энергетическая система человека: что известно официальной медицине? *Укр. мед. часопис.* 2018. №6 (2)(128) С. 22-24.
20. Потяженко М.М., Невойт А.В. Энергетическая система человека: эволюция повторного научного открытия. *Укр. мед. часопис.* 2019. №2(2)(130). С. 10-13.
21. Сосницкий В.Н., Стаднюк Л.А., Сосницкая Т.В. Магнитокардиография: новый взгляд на старые идеи. *Серце і судини.* 2004. №4. С.73-78.
22. Фадеев А.А., Мейзеров Е.Е. Актуальные вопросы применения электропунктурной диагностики по Р.Фоллю в отечественном здравоохранении: матер. XX межд. конф. «Теоретические и клинические аспекты применения биорезонансной и мультирезонансной терапии». Часть 1. Москва: ИМЕДИС, 2014. С. 112-117.
23. Шестакова А.Н., Буторина А.В., Осадчий А.Е., Штыров Ю.Ю. Магнитоэнцефалография – новейший метод функционального картирования мозга человека. *Экспериментальная психология.* 2012. №2(5). С. 119–134.
24. Яновский О.Г., Карлыев К.М., Королева Н.А., Кузнецова Т.В., Готовский Ю.В. Возможности компьютеризированной электропунктурной диагностики по методу Р. Фолля в терапии методами рефлексотерапии и гомеопатии: Методические рекомендации № 98/232 Министерство здравоохранения Российской Федерации, Научно-исследовательский институт традиционных методов лечения. Москва, 1999. 32 с.
25. Boytsov I.V., Belousova T.E. Interrelations between Electrodermal Activity and Internal Diseases. *Human Physiology.* 2015. №6(41) P. 659-666.
26. Boytsov I.V. Punctural diagnostics: modern look at the method. *The New Armenian Medical Journal.* 2013. V.2(7). С. 47-59.
27. Decrespe M. La vie et les œuvres de M. de Narkiewicz-Iodko, membre et collaborateur de l'Institut impérial de médecine expérimentale de Saint-Petersbourg, membre of correspondant de la

- Société de médecine de Paris, ets, ets. Marius Decrespe. Paris: Chamuel, 1896. 51 p.
28. Mintser O.P., Potiazhenko M.M., Nevoit G.V. Evaluation of the human bioelectromagnetic field in medicine: the development of methodology and prospects are at the present scientific stage. *Wiadomości Lekarskie*, 2019. V.5, II. P. 1117-1121. DOI: 10.36740/WLek202006139
29. Mintser O.P., Semenets V.V., Potiazhenko M.M., Podpruzhnykov P.M., Nevoit G.V. The study of the electromagnetic component of the human body as a diagnostic indicator in the examination of patients with Non-communicablediseases: problem statement. *Wiadomości Lekarskie*. 2020. V. 6 (73). C. 1279-1283. DOI: 10.36740/WLek202006139
30. WHO: Noncommunicable diseases: key facts (2018) URL.: <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>.

ГНОСЕОЛОГІЯ І ЗНАЧЕННЯ З ПОЗИЦІЙ СИСТЕМНОЇ МЕДИЦИНИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ФЕНОМЕНОЛОГІЇ ЖИВИХ БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

ГЛАВА 1

Наука - це не лише розвинені сучасні теорії, але й фантастичний попередній досвід (генізи знань), новітні гіпотези й пропозиції, що упорядковуються та систематизуються для створення універсуму знань.

- О.П. Мінцер

Вступ. Комплементарний блок. Гносеологія уявлень про будову матерії: погляди донаукового періоду, погляди наукового періоду: період ранніх наукових уявлень про будову матерії, період сформованих наукових уявлень, період сучасного вивчення. Квантова теорія поля.

Значення сучасних електромагнітних уявлень про організацію матерії з позиції системної медицини. Висновки

Вступ.

Для розуміння сутності перебігу обміну речовин у живих біологічних системах, включаючи людський організм, принципово важливим є знання організації та принципів функціонування живої матерії на субатомному, атомарному, молекулярному і клітинному рівнях.

Власне, початок вивчення даного питання поклав Альберт Сент-Дьорді (угор. *A.Szent-Györgyi*, 1893-1986, Угорщина-США; нобелівський лауреат 1937 року за цикл робіт з біологічного окислення), який називав цю галузь знань біоелектронікою і опублікував однойменну книгу, в якій писав:

«Без сумніву, молекулярна біологія досягла чудових успіхів і створила потужну підставу для біології. Однак, є вказівки, що вона залишила осторонь основні проблеми, якщо не цілі пласти, так як деякі з базових питань залишилися не розкритими, і навіть не поставленими. Також не пояснений механізм перетворення енергії, хімічної енергії в механічну, електричну або осмотичну роботу. Ці трансформації тісно пов'язані з самою основою життя».

XXI століття ознаменоване для людства принциповим ідейним переворотом у фізиці, значним проривом у біології і у природознавстві в цілому. Тому на сьогоднішній день можна вже говорити про часткове вирішення ряду питань, актуалізованих в цитаті великого біофізика. А саме на сьогодні вже [27, 37, 40, 42]:

- відбулося науково-експериментальне проникнення в глиб матерії і вивчені тонкі структури хімічних елементів на рівні до 10^{-8} см,
- поглиблено розуміння фізичних полів, відкриті нуклони, розмір яких 10^{-13} см,
- визначені параметри електрона:
 $m=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, радіус $r=2,82 \cdot 10^{-15}$ м, його заряд $q=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл;
- розрахована фундаментальна постійна Планка ($h=6,62607015 \cdot 10^{-34}$ кг·м²·с⁻¹) і відповідна їй розміром найменша теоретично можлива фундаментальна частинка - максімон.

Цей науковий прорив одночасно із досягненнями квантової біофізики на сьогоднішній день дав можливість поглибити розуміння фундаментальних питань організації матерії людського організму на рівні мікросвіту і перебігу процесів біоенергетики атомарного рівня його тіла. В сучасних підручниках медичної біофізики з'явилися розділи, які описують квантово-механічні основи розподілу рівнів енергії у атомах і молекулах, квантово-механічні особливості будови біомолекул, спектри поглинання ними енергії, тощо. Як сумарний підсумок, розвиток фізики періоду кінця XX - початку XXI століть було ознаменовано заміною фізичної моделі організації матерії на нову, засновану на Квантовій теорії поля [2, 6, 14, 40].

Зазначені нові фундаментальні знання володіють значним парадигмальнотрансформуючим потенціалом і з позиції системної медицини обумовлюють теоретичну основу для подальшої трансформації електрохімічної концепції обміну речовин у живих біологічних системах, включаючи людський організм, у магнітоелектрохімічну. Таким чином, більш глибокий рівень наукового проникнення в питання фундаментальної організації матерії на субатомарному рівні має знайти теоретичний відгук у наукових медичних розумах сучасності.

Комплементарний блок. Гносеологія уявлень про будову матерії.

Гносеологію уявлень про будову матерії умовно поділяють на два періоди вивчення уявлень про будову матерії:

1) *донауковий/натурфілософський* (від античності до становлення експериментального природознавства у XVI-XVII століттях);

2) *науковий* (з XVI-XVII століть по даний час).

Погляди донаукового періоду.

- Донауковий період був названий натурфілософським.

У цей час були сформульовані два уявлення про структуру матерії:

(1) *континуальна доктрина Арістотеля;*

(2) *атомічна концепція Демокріта.*



Детальніше:

(1) *континуальної доктрина Арістотеля* (древ. грец. *Ἀριστοτέλης*, 384-322 до н.е., Стародавня Греція);

основні положення: - визнавалася нескінченна подільність матерії; - матерія неперервна; - простір являється вмістилищем, яке заповнено матерією безперервно, без пустот; - матерія спочатку є безструктурною;

(2) *атомістична концепція Демокріта* (древ. грец. *Δημόκριτος*, ок. 469-370 до н.е., Стародавня Греція);

основні положення: - матерія подільна до певної межі - до атомів, які можуть з'єднуватися різними способами і породжують все різноманіття об'єктів і явищ реального світу; - світ утворений двома фундаментальними початками - атомами і порожнечою, а матерія володіє атомістичною структурою.

Атомізм як концепція дискретної будови матерії був першою теоретичною програмою пояснення цілого як суми окремих складових його частин, що пояснює сутність перебігу природних процесів результатом механічної взаємодії атомів, їх притягання і відштовхування.

Механічна програма опису природи атомістичної концепції Демокріта стала основою класичної механіки Ньютона, яка домінувала в уявленнях наукового періоду вивчення матерії до початку XX століття [46, 55].

Погляди наукового періоду.

Науковий період почався з XVI століття з моменту появи методології наукового методу опису природи і триває до сьогодні. Умовно наукове вивчення будови речовини можна розділити на три частини:

- (1) період ранніх наукових уявлень (XVI-XVIII століття);
- (2) період сформованих наукових уявлень (XIX століття-перша половина XX століття);
- (3) період сучасного вивчення (друга половина XX століття - XXI століття).

Період ранніх наукових уявлень про будову матерії.

До раннього науковому періоду вивчення можна віднести науковий внесок Г. Галілея (італ. *Galileo Galilei*, 1564-1642, Італія), І. Ньютона (англ. *Isaac Newton*, 1642-1727, Англія), Р. Декарта (франц. *René Descartes*, 1596-1650, Франція) Х. Гюйгенса (нід. *Christiaan Huygens*, 1629-1695, Голландія), Т. Юнга (англ. *Thomas Young*, 1773-1829, Англія), О.Ж. Френеля (фр. *Augustin-Jean Fresnel*, 1778-1827, Франція), М.В. Ломоносова (1711-1765, Росія), Л. Лавуазьє (фр. *Antoine Laurent de Lavoisier* 1743-1794, Франція), Ж. Пруста (фр. *Joseph Louis Proust* 1754-1826, Франція), Дж. Дальтона (англ. *John Dalton* , 1766-1844, Англія), А. Авогадро (італ. *Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro di Quaregna e Cerreto*, 1777-1856, Італія) і ін.

У цьому періоді був розвинений механічний підхід до опису природи, що став основою для відкриття багатьох законів і теорій (гідродинаміка, теорія пружності, механічна теорія тепла, молекулярно-кінетична теорія, тощо). Це зумовило величезні успіхи у розвитку фізики і сформувало її лідируюче положення серед інших фундаментальних наук того часу.

- **Механічна фізична картина світу і науково-теоретична методологія наукового методу опису природи Г. Галілея.**



Детальніше:

- XVI століття - вчений-природодослідник, фізик Г. Галілей (італ. *Galileo Galilei*, 1564-1642, Італія) вперше в історії науки зробив опис *механічної фізичної картини світу* і розробив принципово нову *науково-теоретичну методологію наукового способу опису природи*; - в процесі вивчення вченим стали виділятися лише визначені фізичні і геометричні характеристики об'єкту, які саме і ставали предметом наукового дослідження; - це дозволило будувати теоретичні моделі і перевіряти їх в умовах наукового експерименту; - даний підхід став основою майбутнього класичного природознавства [7-9].

▪ **Механістична картина світу Ньютона.**



Детальніше:

- фізик, математик, механік і астроном І. Ньютон (англ. *Isaac Newton*, 1642-1727, Англія) на підставі праць Г. Галілея, розробив строгу наукову теорію механіки, що описує рух небесних тіл, рух земних об'єктів універсальними законами. *Основні положення:* - матерія розглядалася як речова субстанція, що складається з окремих частинок - атомів і корпускул; - простір, в якому знаходиться матерія, розглядався як тривимірний, що описується евклідовою геометрією, який абсолютно постійно і завжди перебуває в спокої; - час уявлявся як величина, яка не залежить ні від простору, ні від матерії; всі фізичні процеси підпадають під дію законів механіки; - рух розглядався як переміщення в просторі по безперервним траєкторіям відповідно до законів механіки; - всі фізичні явища зводились до переміщення матеріальних точок [20, 74, 75].

▪ **Концепція абсолютної дуальності Р. Декарта.**



Детальніше:

- філософ, фізик, математик, фізіолог, механік Р. Декарт (франц. *René Descartes*, 1596-1650, Франція) дав філософське обґрунтування механістичному розумінню природи.

Основні положення: - світ можна описати абсолютно об'єктивно, без урахування людини-спостерігача (концепція абсолютної дуальності, тобто незалежності мислення і матерії); - Всесвіт - це гігантський механізм, у якому події та процеси являють собою ланцюг взаємопов'язаних причин і наслідків; - віра у передбачуваність (вважалося, що теоретично можна точно реконструювати будь-яку минулу ситуацію у Всесвіті або передбачити майбутнє з абсолютною певністю) [52, 54].

▪ **Наукові складності у поясненні оптичних і електромагнітних явищ продемонстрували недосконалість концепції механістичної картини світу.**



Детальніше:

- у XVIII-XIX століттях у науці стали активно вивчатися дві умовно нові галузі явищ - оптичні й електромагнітні, які не могли бути повністю пояснені у межах знання механічної картини світу; - наприклад, оптичні явища описувалися одночасно як механічною корпускулярною теорією, так і хвильовою теорією; - такі оптичні явища, як дифракція й інтерференція, пояснювалися деякими фізиками лише хвильовою теорією [53]: Х. Гюйгенс (нід. *Christiaan Huygens*, 1629-1695, Голландія), Т. Юнг (англ. *Thomas Young*, 1773-1829, Англія), О.Ж. Френель (фр. *Augustin-Jean Fresnel*, 1778-1827,

Франція) та ін.; - суть інтерференції описувалася парадоксальним ствердженням: «світло, додане до світла, не обов'язково дає більш сильне світло, але може давати більш слабке і навіть темряву, і причина в тому, що світло являє собою не потік матеріальних частинок, а коливання пружного середовища, або хвильовий рух».

Період сформованих наукових уявлень.

Принциповий науковий внесок був зроблений такими вченими як М. Фарадей (англ. *Michael Faraday*, 1791-1867, Англія), Дж. К. Максвелл (англ. *James Clerk Maxwell*, 1831-1879, Англія), Г. Герцем (нім. *Heinrich Rudolf Hertz*, 1857-1894 Німеччина), Г.Р. Кірхгоф (нім. *Gustav Robert Kirchhoff*, 1824-1887, Німеччина), Р.В. Бунзен (нім. *Robert Wilhelm Bunsen*, 1811-1899, Німеччина), В. Рентген (нім. *Wilhelm Conrad Röntgen*; 1845-1923, Німеччина), А. Беккерель (фр. *Antoine Henri Becquerel*, 1852-1908, Франція), Дж. Дж. Томсон (англ. *Joseph John Thomson*, 1856-1940, Англія), П. Кюрі (фр. *Pierre Curie*, 1859-1906, Франція), М. Кюрі-Склодовська (пол. *Maria Skłodowska-Curie*, Польща-Франція), Е. Резерфорд (англ. *Ernest Rutherford*; 1871-1937, Англія), П. Віллард (фр. *Paul Ulrich Villard*, 1860-1934, Франція), Ф. Содді (англ. *Frederick Soddy*; 1877-1956, Англія), Н. Бор (дат. *Niels Henrik David Bohr* 1885-1962, Данія), Л. де Бройль (фр. *Louis-Victor-Pierre-Raymond*, 1892-1987, Франція), М. Планк (нім. *Max Karl Ernst Ludwig Planck*, 1858-1947, Німеччина), А. Ейнштейн (нім. *Albert Einstein*, 1879-1955, Німеччина), Р. Міллікен (англ. *Robert Andrews Millikan* 1868-1953, США), Е. Шредінгер (нім. *Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger*, 1887-1961, Австрія), В. Гейзенберг (нім. *Werner Karl Heisenberg*, 1901-1976, Німеччина), В. Паулі (нім. *Wolfgang Ernst Pauli*, 1900-1958, Австрія-США), Ч. Вільсон (англ. *Charles Thomson Rees Wilson*; 1869-1959, Англія), Ф. Астон (англ. *Francis William Aston*; 1877-1945, Англія), Е. Лоуренс (англ. *Ernest Orlando Lawrence*; 1901-1958, США), В. Боті (нім. *Walther Wilhelm Georg Bothe*; 1891-1957, Німеччина), Д. Кокрофт (англ. *John Douglas Cockcroft*; 1897-1967, Англія), Е. Уолтон (англ. *Ernest Thomas Sinton Walton*; 1903-1995, Англія), Дж. Чедвік (англ. *Sir James Chadwick*; 1891-1974, Англія) Д.Д. Іваненко (1904-1994, СРСР), К. Андерсоном (англ. *Carl David Anderson*; 1905-1991, США), Е. Фермі (італ. *Enrico Fermi*; 1901-1954, США), Х. Юкава (яп. 湯川秀樹, 1907-1981, Японія), О. Ган (нім. *Otto Hahn*; 1879-1968, Німеччина), Ф. Штрассман (нім. *Fritz Strassmann*, 1902-1980, Німеччина), І.В. Курчатов (1903-1960, СРСР), В.І. Векслер (1907-1966, СРСР), Р. Фейнман (англ. *Richard Phillips Feynman*, 1918-1988, США).

У цей період уявлення механістичної картини світу були замінені на електромагнітну, відбулося визнання існування електромагнітного поля як нового виду фізичної реальності, було відкрито діалектичну єдність двох класичних протилежностей - частинок і хвиль - корпускулярно-хвильовий дуалізм, відбулося

формування нового розділу - атомної фізики, а також її подальший суттєвий розвиток.

▪ **Створення концепції про два види матерії.**



Детальніше:

- експерименти фізика-хіміка М. Фарадея (англ. *Michael Faraday*, 1791-1867, Англія) і теоретичні роботи фізика, математика, механіка Дж. К. Максвелла (англ. *James Clerk Maxwell*, 1831-1879, Англія) у галузі електромагнітних явищ змінили уявлення про дискретну речовину як про єдиний вигляд матерії і поклали початок розумінню електромагнітної будови картини світу.

- 1845 рік – стало зрозуміло, що вчення про електрику і оптика являються взаємопов'язаними й утворюють єдину сферу: світло і електрика мають єдину сутність - це було науково обґрунтовано М. Фарадеєм.

- 1862 рік – Дж. Максвеллом була відкрита система диференціальних рівнянь, які описали електромагнітне поле. Ідеї М. Фарадея стали вихідним пунктом досліджень для Дж. Максвелла, який, використовуючи математичні методи, формалізував модель силових ліній Фарадея у математичні формули; у його теорії допоміже математичне поняття «поле сил» було трансформоване у самостійну фізичну реальність - електромагнітне поле: «*електромагнітне поле - це та частина простору, яка містить у собі й оточує тіла, які знаходяться в електричному або магнітному стані*»; - таким чином Дж. Максвелл математичним шляхом знайшов систему диференціальних рівнянь, які описали електромагнітне поле, узагальнив усі раніше встановлені експериментальні закони електромагнітних явищ (Кулона, Ампера, Біо-Савара) і відкрите М. Фарадеєм явище електромагнітної індукції [28-30, 32-36, 49, 50].

- кінець XIX століття - відбулося наукове визнання існування електромагнітного поля як нового виду фізичної реальності. Це зумовило повернення від ідей атомізму до континуальної концепції будови матерії. Але ця ідея не заперечувала атомістичної концепції взагалі, а заперечувала лише її конкретну механічну модель. Окрім того атомізм був відроджений ще на більш глибокому рівні будови матерії - сама електрика виявилася «атомістичною», тобто такою, яка складена з електронів - найдрібніших електрично заряджених частинок.

- 1888 рік - єдина сутність світла і електрики була експериментально підтверджена фізиком Г. Герцем (нім. *Heinrich Rudolf Hertz*, 1857-1894 Німеччина). Ним було встановлено, що у результаті іскрових розрядів між двома зарядженими кульками з'являлися електромагнітні хвилі. Г. Герц розрахував швидкість поширення електромагнітних хвиль, при цьому виявилось що вона дорівнює швидкості світла [2, 6, 53]. Це прямо підтвердило

гіпотезу Дж.К. Максвелла про те, що електромагнітні хвилі поширюються зі швидкістю світла.

Був відкритий якісно новий вид матерії, у фізиці остаточно утвердилося поняття поля, як об'єктивно існуючої фізичної реальності і була сформульована концепція двох видів матерії. Основні положення: - матерія існує у двох видах: дискретної речовини і безперервного поля, які мають різну сутність; - речовина дискретна і складається із атомів, а поле - безперервне; - речовина володіє масою, а поле - ні; - речовина мало проникна, а поле повністю проникне; - швидкість руху речовини $\ll c$ ($c=300000$ км/с - швидкість світла), де швидкість поширення поля дорівнює c .

Була встановлена особливість електромагнітного випромінювання різних довжин хвиль: електромагнітні випромінювання великих довжин хвиль виявили в основному континуальні хвильові властивості світла, а малих довжин хвиль (гамма промені) - дискретні (корпускулярні) або квантові властивості [2, 6, 14, 19, 26, 61].

Таким чином наукове природознавство початку ХХ століття відкрило діалектичну єдність двох класичних протилежностей - частинок і хвиль, та висловило його «філософськи» як корпускулярно-хвильовий дуалізм.

▪ **Виникнення і розвиток фізики атома (атомної фізики).**



Детальніше:

- У XVIII-XIX століття - атомно-молекулярне вчення активно розвивалося завдяки роботам безлічі вчених: багатогранного вченого-природознавця М.В. Ломоносова (1711-1765, Росія), хіміків Л. Лавуазьє (фр. *Antoine Laurent de Lavoisier* 1743-1794, Франція), Ж. Пруста (фр. *Joseph Louis Proust* 1754-1826, Франція), Дж. Дальтона (англ. *John Dalton*, 1766-1844, Англія), фізика А. Авогадро (італ. *Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro di Quaregna e Cerreto*, 1777-1856, Італія), тощо.

Однак до кінця XIX століття у природознавстві панувала думка, що атом є найменшою неподільною частинкою простої речовини.

- Кінець XIX-початок ХХ століть - наукове природознавство вийшло на рівень дослідження мікросвіту. Наукові відкриття цього періоду спростовали уявлення про атоми як про кінцеві і неподільні структурні елементи матерії:

- 1858-1860 роки - вперше було отримано наукове підтвердження складної структури атома. Г.Р. Кірхгофом (нім. *Gustav Robert Kirchhoff*, 1824-1887, Німеччина) та Р.В. Бунзенем (нім. *Robert Wilhelm Bunsen*, 1811-1899, Німеччина). Вони, вивчаючи спектри випускання і поглинання різних речовин, виявили, що кожному хімічному елементу відповідає характерний, індивідуальний набір спектральних ліній у спектрах випускання і поглинання. Досліди по вивченню іонізації, відкриття і дослідження катодних променів

привели науковців до висновку, що атоми мають складну структуру і складаються з дрібних негативно заряджених частинок [14, 26, 65, 69].

- 1895 рік - відкриття В. Рентгеном (нім. *Wilhelm Conrad Röntgen*; 1845-1923, Німеччина) X-променів/рентгенівського випромінювання. В ході експерименту із випромінюванням, яке виникає поблизу анода розрядної трубки, було виявлено, що випромінювання, вільно проходить крізь непрозорі для світла предмети. Велика проникаюча здатність рентгенівського випромінювання була пояснена короткою довжиною його хвилі. Видиме світло має довжину хвилі $(8-4) \cdot 10^{-5}$ см, у той час як довжина хвилі рентгенівського випромінювання дорівнює $3 \cdot 10^{-7} - 10^{-8}$ см.

Були встановлені основні властивості рентгенівського випромінювання:

- багато матеріалів виявилися прозорими для X-променів; - X-промені не відхилялися в електричному і магнітному полях; - тіла, наелектризовані позитивно або негативно, розряджалися під дією X-променів; - X-промені викликали почорніння фотографічних пластинок; - багато речовин флуоресціювали під дією X-променів; - довжини хвиль рентгенівського випромінювання становили $\lambda \sim 3 \cdot 10^{-8} \div 10^{-7}$ см, що було набагато менше довжин хвиль видимого світла $\lambda = (4 \div 8) 10^{-5}$ см.

Відкриття рентгенівського випромінювання мало великий суспільний резонанс і значну практичну цінність для медицини. За відкриття рентгенівських променів у 1901 році В. Рентгену була присуджена Нобелівська премія.

- 1896 рік - фізик А. Беккерель (фр. *Antoine Henri Becquerel*, 1852-1908, Франція) відкрив явище радіоактивності: вивчаючи люмінесценцію, він випадково виявив, що солі урану мають випромінювання і без попереднього освітлення.

Випромінювання було схоже на рентгенівське: проходило через непрозорі предмети і слабо поглиналося речовиною. На відміну від рентгенівського випромінювання для його отримання не потрібно було джерело високої напруги: - солі урану випромінювали безперервно, спонтанно; - на випромінювання солей урану не впливали ніякі зовнішні впливи; - випромінювання урану було спочатку названо променями Беккереля.

Нове відкриття встановило, що радіоактивне випромінювання - це мимовільне перетворення нестійких ядер атомів у результаті ядерних емісій (альфа-, бета-, гамма-променів, відкритих пізніше) в інші ядра хімічних елементів.

За відкриття радіоактивності в 1903 році А. Беккерелю була присуджена Нобелівська премія з фізики. [2, 14, 53].

- 1897 рік - фізик Дж. Дж. Томсон (англ. *Joseph John Thomson*, 1856-1940, Англія) відкрив нову негативно заряджену частинку, що входить до складу всіх атомів - електрон.

Дж. Томсон, вивчаючи випромінювання різних газів, які заповнювали розрядну трубку, показав, що незалежно від складу газу, що заповнює розрядну трубку, в результаті розряду утворюються однакові дрібні частинки,

які мають негативний електричний заряд. Частинка була названа електроном. Електрон має масу приблизно у 2000 разів меншу, ніж маса найлегшого атома водню. Дж. Томсон вважав, що негативно заряджені корпускули катодних променів є первинними частинками, з яких складається вся матерія. [76, 77].

- 1897 рік – була створена модель атома Дж. Томсона: позитивні заряди було «розподілено» по сфері, у яку були «вкраплені» електрони, як «родзинки у булці».

За значні заслуги у теоретичних і експериментальних дослідженнях електричної провідності газів у 1906 році Дж. Томсону була присуджена Нобелівська премія з фізики [53, 77].

- 1898 рік - П. Кюрі (фр. *Pierre Curie*, 1859-1906, Франція) і М. Кюрі-Склодовська (пол. *Maria Skłodowska-Curie*, Польща-Франція), вивчаючи явище радіоактивності, відкрили нові елементи - полоній і радій.

За дослідження радіоактивності в 1903 році П. Кюрі і М. Кюрі-Склодовська отримали Нобелівську премію з фізики. За відкриття елементів радію і полонію, вивчення властивостей радію, отримання радію у металевому стані і здійснення експериментів, пов'язаних із радієм у 1911 році М. Кюрі-Склодовська отримала Нобелівську премію з хімії [43-45].

- 1899 рік - Е. Резерфорд (англ. *Ernest Rutherford*; 1871-1937, Англія) впливаючи на випромінювання урану магнітним полем, досліджуючи поглинання випромінювання фольгою різної товщини, встановив, що воно складається з двох типів частинок. Короткопробіжні позитивно заряджені частинки він назвав α -частинками. Негативно заряджені частинки, які мали більший пробіг у речовині, були названі ним β -частинками.

За дослідження з перетворення елементів і за хімічні дослідження радіоактивних речовин в 1908 році Е. Резерфорду була присуджена Нобелівська премія [41, 34, 53].

- 1900 рік - П. Віллард (фр. *Paul Ulrich Villard*, 1860-1934, Франція) відкрив нейтральне γ -випромінювання урану. Виявлена здатність випромінювання уранових солей іонізувати повітря була використана для визначення джерел випромінювання Беккереля. Незабаром було встановлено, що сполуки торію також мимовільно випускають промені Беккереля. [43-45, 53].

- *Поява нової термінології*: за пропозицією М. Кюрі, речовини, що випускають промені Беккереля, стали називати радіоактивними, саме явище - радіоактивністю. Вважалося, що радіоактивність - атомна властивість. П. Кюрі виявив, що радіоактивні речовини мають температуру вище навколишнього середовища: випускання радіоактивного випромінювання речовиною призводить до його нагрівання. Вивчаючи радіоактивність урану, М. Кюрі виявила, що хімічно чистий уран має набагато меншу радіоактивність, ніж солі урану.

У фізиці з'явився новий термін - активність радіоактивного джерела.

У якості одиниць активності джерела були обрані Кюрі і Беккерель:

$$1 \text{ Беккерель} = 1 \text{ розпад/с,}$$

$$1 \text{ Кюрі} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ розпад/с;}$$

активність 1 Кюрі відповідає розпаду 1 граму радію разом з продуктами його розпаду.

- Е. Резерфорд при дослідженні радіоактивності урану, торію, радію, виявив, що радіоактивні речовини, випускаючи α -частинки, перетворюються в інші хімічні речовини, які відрізняються від вихідних за своїми фізичними і хімічними властивостями: при розпаді радію утворювався радіоактивний газ - еманація радію (радон Rn), який також випускав α -частинки. Однак радіоактивність радону Rn повністю пропадала протягом декількох годин. Це суперечило всім випадкам незмінної радіоактивності, яка спостерігалася до цього. Виявилось, що радіоактивність речовини може зменшуватися і зовсім зникати. Дуже скоро стало зрозуміло, що зменшення радіоактивності різних речовин відбувається з різною швидкістю. Число частинок, що випускаються радіоактивною речовиною, зменшується із часом експоненціально.

Для опису цієї властивості радіоактивної речовини була введена нова характеристика - *період напіврозпаду*.

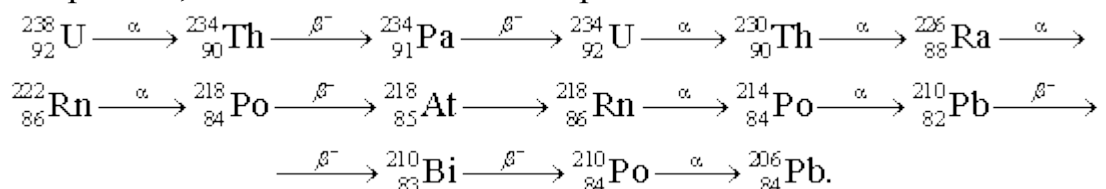
Період напіврозпаду – це час, протягом якого кількість радіоактивної речовини зменшується у 2 рази.

Період напіврозпаду різних радіоактивних речовин змінюється у дуже широких межах від 10^{-17} с до 10^{22} років. При вивченні розпаду радію, Е. Резерфорд встановив, що α -частинки - це атоми гелію, у яких відірвано два електрона. Для цього він зібрав α -частинки, що утворюються в результаті розпаду еманації радію у розрядній трубці і показав, що при розряді у трубці видно спектральні лінії гелію. Так було доведено, що α -частинки - це іонізовані атоми гелію.

В результаті експериментів, виконаних Е. Резерфордом, було вперше показано, що одні хімічні елементи можуть спонтанно перетворюватися в інші хімічні елементи [2, 34].

- Ф. Содді (англ. Frederick Soddy; 1877-1956, Англія) сформулював закон радіоактивного зміщення, згідно з яким при випромінюванні α -частинки один хімічний елемент перетворюється в інший, розташований на два місця нижче в періодичній таблиці, а β -випромінювання викликає зміщення хімічного елемента на одне місце вище. На основі закону зміщення була отримана послідовність розпаду багатьох радіоактивних елементів.

Наприклад, ланцюжок послідовних розпадів ^{238}U :



- γ -Випромінювання безпосередньо не пов'язане з перетворенням елементів. Воно виникає, якщо в результаті α - і β -розпаду утворюється порушене ядро, яке після випускання γ -кванта, переходить у більш

низько розташований енергетичний стан. Цей процес аналогічний випусканню випромінювання атомом.

Таким чином у науковому природознавстві стало очевидно, що атом є діленим і має складну структуру та ряд невідомих раніше властивостей і характеристик.

Відкриття складної структури будови атома стало найбільшою науковою подією XX століття, зумовило початок нової фізики і породило прагнення науки зрозуміти деталі організації атома – було розпочато пошук моделі його будови:

- 1904 рік - фізик Хантаро Нагаока (яп. 長岡半太郎, *Nagaoka Hantarō*, 1865-1950, Японія) представив будову атому у моделі, аналогічній будові Сонячної системи: позитивно заряджена частина атома - це Сонце, навколо якої по кільцеподібних орбітах рухаються електрони, як планети навколо Сонця [53, 61].

- 1912 рік - відкриття ядра атому Е. Резерфордом (англ. *Ernest Rutherford* 1871-1937, Англія): Е. Резерфорд відкрив, що позитивні заряди - протони є зосередженими в ядрах атомів.

В ході експериментів із альфа-частинками (маса альфа частинки приблизно становить 8000 мас електрону) була відкрита нова елементарна частинка – протон.

Протон - це ядро атома, це позитивно заряджена частинка, розміром близько 10^{-14} м, у якій фактично зосереджена вся маса атома (розмір самого атому становить 10^{-10} м). В атомі водню навколо ядра обертається всього лише один електрон. Заряд ядра водню позитивний і дорівнює за модулем заряду електрона, має масу у 1836 разів більшу маси електрона. Це показало невірність моделі атома Томсона і свідчило на користь правильності планетарної моделі атому Нагаока. Однак планетарна модель атома Резерфорда/Нагаока суперечила законам електродинаміки Максвелла, тому що за законами електродинаміки, електрон, який обертається навколо ядра, повинен був випромінювати електромагнітні хвилі, втрачаючи енергію на випромінювання, і згодом електрон повинен був «впасти на ядро», а атом «припинити» своє існування. Але в дійсності цього не відбувається - атоми стійкі і можуть існувати, не випромінюючи електромагнітних хвиль [53, 61, 66].

- 1913 рік - фізик Н. Бор (дат. *Niels Henrik David Bohr* 1885-1962, Данія) вирішив цю суперечність, сформулювавши два знаменитих постулати (постулати Бора).

Постулати Бора стали основою принципово нових теорій мікросвіту - квантової механіки і квантової електродинаміки.

Постулати Н. Бор обґрунтував, виходячи з ідеї М. Планка про існування квантів електромагнітного поля, розвинуті потім А. Ейнштейном.

Недоліки теорії Н. Бора: - теорія Бора фактично була теорією для одного атома - атома водню; - постулати «зробили атом водню стійким, заборонивши випромінювати електромагнітні хвилі в стаціонарному стані»; - теорія Бора не могла описувати багатоелектронні атоми [3, 4].

▪ Корпускулярно-хвильовий дуалізм.

Подальше вивчення питання будови атому кардинально змінило наукові погляди про будову матерії - було встановлено, що для любого атому одночасно характерними виявляються властивості і частки, і хвилі.



Детальніше:

- 1924 рік - фізик Луї де Бройль (фр. *Louis-Victor-Pierre-Raymond*, 1892-1987, Франція), виходячи із законів симетрії, висунув ідею про поширення принципу корпускулярно-хвильового дуалізму світла на всі частинки мікросвіту, які мають масу спокою. Згідно ідеї де Бройля, будь-якому тілу із масою m , яке рухається зі швидкістю v , відповідає хвиля з довжиною:

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

Аналогічна формула була відома раніше, але тільки у відношенні до квантів світла - фотонів [24, 25, 47, 70.].

- 1926 рік - гіпотеза де Бройля експериментально підтвердилася відкриттям дифракції електронів на кристалах фізиками К. Девісон (англ. *Clinton Joseph Davisson*, 1881-1958, США), Л. Джермер (англ. *Lester Halbert Germer*, 1896-1971, США). Надалі були виконані досліди по виявленню дифракції нейтронів, атомів і навіть молекул. За експериментальне підтвердження гіпотези де Бройля в 1937 році К. Девісону була присуджена Нобелівська премія з фізики [2, 34, 53].

Встановлений науковий факт, що один і той же об'єкт/мікрочастинка проявляється і як частинка, і як хвиля, зруйнував традиційні класичні фізичні уявлення, оскільки форма частинки мала на увазі сутність, укладену в малому об'ємі або в кінцевій ділянці простору, тоді як хвиля може поширюватися по його величезним областям [2, 34, 61].

▪ Квантова механіка.

В кінці XIX століття у науковому природознавстві виникла патова ситуація, яка отримала назву «ультрафіолетова катастрофа»: в класичній фізиці виник парадокс, який полягав у тому, що при теоретичних розрахунках виходило, що повна потужність теплового

випромінювання будь-якого нагрітого тіла повинна бути нескінченною, а це категорично суперечило експериментальним спостереженням і здоровому глузду, й це унеможливило коректний опис фотометричних характеристик тіл.

Фізичний парадокс «ультрафіолетова катастрофа» був вирішений в 1900 році М. Планком шляхом створення квантової теорії випромінювання.



Детальніше:

- 1900 рік - фізик-теоретик Макс Планк (нім. *Max Karl Ernst Ludwig Planck*, 1858-1947, Німеччина) висунув гіпотезу квантів і сформулював закон випромінювання чорного тіла.

М. Планк, досліджуючи теплове випромінювання, прийшов до висновку, що в процесі випромінювання енергія може бути віддана або поглинена не неперервно і не в будь-яких кількостях, а лише у неділених порціях - квантах. Енергія кожної такої порції обчислюється за формулою:

$$E = h\nu \text{ або } E = \hbar\omega,$$

де h або $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ - постійна Планка, ν або ω - частота коливань.

Спектральна щільність випромінювання чорного тіла, нагрітого до температури T

$$\rho(\nu) = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

$$\hbar = h/2\pi = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{сек} = 6,58 \cdot 10^{-22} \text{ МеВ} \cdot \text{сек}$$

$$h = 6,62607015 \cdot 10^{-34} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1} \text{ згідно змін у системі СІ 2019 року.}$$

Введене Планком 14 грудня 1900 році уявлення про випромінювання порціями (квантами) стало фундаментом для створення квантової теорії (термін «квантова механіка» ввів М. Планк).

14 грудня 1900 року вважається днем народження квантової теорії і початком нової ери природознавства.

За відкриття кванта енергії в 1918 році М. Планку була присуджена Нобелівська премія з фізики [21, 38, 63, 64, 67].



Детальніше:

- 1905 рік - фізик А. Ейнштейн (нім. *Albert Einstein*, 1879-1955, Німеччина) розвинув ідею Планка, переніс квантовий підхід на випромінювання взагалі і ввів поняття дискретності світла, тобто наука приходить до визнання корпускулярної структури світла: світло - це потік квантів (фотонів).

Ейнштейнівське уявлення про світлові кванти (фотони) стало основою для створення ним же теорії фотоефекту, суть якої полягає в вибиванні електронів із речовини під дією електромагнітних хвиль.

Основні положення: - експериментально доведено, що наявність або відсутність фотоефекту визначається не інтенсивністю падаючої хвилі, а її частотою; - при фотоефекті електрони, поглинаючи фотони, збільшують свою енергію і в результаті здатні покинути речовину. За правильність тлумачення фотоефекту в 1921 році А. Ейнштейну було присуджено Нобелівську премію з фізики [1, 53, 60].

- 1915 рік - фізик Р. Міллікен (англ. *Robert Andrews Millikan* 1868-1953, США) підтвердив теорію фотоефекту експериментально. За експериментальне підтвердження фотоефекту в 1923 році Р. Міллікен отримав Нобелівську премію з фізики [31, 48].

- 1926 рік - фізик Е. Шредінгер (нім. *Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger*, 1887-1961, Австрія) створив математичну хвильову модель атома у вигляді хвильового диференціального рівняння Шредінгера:

$$\frac{d\psi}{dx} + \frac{2m}{\hbar} [E - U(x)]\psi(x) = 0$$

де E і $U(x)$ -повна і потенційна енергія частинок відповідно, m - маса частинок, \hbar - постійна Планка, $\psi(x)$ - хвильова функція, що визначає поведінку хвиль матерії.

Причому хвильова функція $\psi(x)$ не дозволяє абсолютно точно визначити положення електронів в атомі, вони розпливаються в деяку «хмару» і можна говорити лише про ймовірність знаходження електронів в тому чи іншому місці атома, яке характеризується квадратом амплітуди хвилі. $|\psi(x)|^2$.

Таким чином, хвилі матерії прийняли абстрактно-математичний вигляд і отримали символічне значення як «хвилі ймовірності».

Рівняння квантової механіки виявилися хвильовими (квантові об'єкти володіють одночасно і хвильовими властивостями). Запропонована Шредінгером формула для опису квантових явищ, а саме частинки, що вільно рухається по осі X , - хвильова функція:

$$\psi(x) = e^{-i\hbar(Et - px)}$$

де p - імпульс, x - координат, t - час, E - енергія, $i = \sqrt{-1}$, \hbar - постійна Планка, називається такою тому, що в ній використовується експоненціальна функція типу $e^{\psi(p,x)}$.

Операції із хвильовими функціями дозволили обчислити ймовірності квантово-механічних подій. Хвильова функція описує не сам суб'єкт як такий і навіть не його потенційні можливості. У концептуальному відношенні поняття хвильової функції важливіше, ніж розподіл усіх подій. Квантова механіка не має альтернативи в особі класичної фізики. В аспекті осмислення квантових явищ класична фізика не простіше квантової механіки, але вона просто-напросто не підтверджується. Але наука - це не лише найрозвиненіші теорії, але і їх попередниці, всі теорії, об'єднані науковою схожістю. Класична і квантова механіка, перш за все, використовують одні і ті ж поняття таких фізичних параметрів, як координата (x, y, z), імпульс (p_x, p_y, p_z) момент імпульсу M, енергія E. Найбільш характерне для квантової механіки рівняння має вигляд:

$$\hat{A}\psi = a\psi,$$

де \hat{A} - оператор параметру, ψ - хвильова функція, a - значення параметру, що фіксується в експерименті.

Це рівняння отримало епітет «витонченого» рівняння: **«дивіться, як просто влаштований світ»**.

Осмислення саме цього рівняння дає розгадку багатьох нерозв'язних із позицій класичної фізики проблем.

Наприклад, згідно із принципом спостережливості В. Гейзенберга, *«розумно включати у теорію тільки величини, які піддаються спостереженню...»*. Але за Ейнштейном *«тільки теорія вирішує, що саме можна спостерігати»*, але й в аргументації Ейнштейна не враховується в повній мірі специфіка квантової механіки.

У головному рівнянні квантової механіки: $\hat{A}\psi = a_n\psi$ вимір має справу безпосередньо тільки з власними значеннями оператора.

У квантовій фізиці з'являються конструкти - хвильова функція та оператор, які в принципі не можуть бути зареєстровані в експерименті, тобто квантово-механічна реальність відкривається фізику в експерименті лише однією своєю гранню.

У квантовій фізиці важлива наочність квантово-механічних явищ. Все, що відбувається з квантовими об'єктами до фіксації власних значень a_n того чи іншого оператора \hat{A} в експерименті, не фіксується в безпосередньому вигляді, а тому не дано в наочній формі. І всі спроби уявити собі квантові об'єкти і процеси, які з ними відбуваються в наочній, тобто підвладній почуттям, формі лише ігнорують специфіку квантової механіки. І на питання, що являє собою частинка, яка вільно рухається, відповідь повинна бути така: рухома частинка є дійсно частинка, для якої характерні можливості, описанні квантово-механічними рівняннями [39, 56 -59, 64, 71-73].

У 1933 році Е. Шредінгер отримав Нобелівську премію з фізики.

▪ **Принципи невизначеності, додатковості, створення теорії будови атома на основі квантово-механічних уявлень.**

- 1926-1927 роки - фізик В. Гейзенберг (нім. *Werner Karl Heisenberg*, 1901-1976, Німеччина) сформулював принцип невизначеності Гейзенберга. Принцип невизначеності Гейзенберга нарешті пояснював, чому падіння електрона на ядро неможливо.



Детальніше:

Гейзенберг виявив, що у збудженому атомі електрон знаходиться на далеких орбітах, а в момент, коли він випромінює фотон, електрон падає на основну орбіту, втративши свою енергію. Атом же переходить у стійкий стан, при якому електрон буде обертатися навколо ядра до тих пір, поки його ніщо не збуджує зовні. Це стабільний стан, далі якого електрон падати не буде. Відповідно до принципу невизначеності Гейзенберга:

$$\Delta x \Delta p_x \geq \hbar$$

при цьому чим точніше вимірюється розташування частинки (координата), тим важче передбачити її швидкість (імпульс) і навпаки, можна дізнатися один або інший параметр, але не обидва відразу - зазначене співвідношення невизначеності стало принципом невизначеності, тому що показує принципово імовірнісний характер передбачення подій [10-13, 64].

- 1928 рік – був сформульований принцип додатковості Н. Бора. Принцип додатковості Н. Бора який дав більш широке трактування принципу невизначеності Гейзенберга.



Детальніше:

В узагальненому формулюванні сенс принципу додатковості полягає у тому, що отримання експериментальної інформації про одні фізичні параметри неминуче призводить до втрати інших, додаткових параметрів, які характеризують це ж явище (ефект) з дещо іншого боку. У фізичному сенсі такими додатковими один до одного сутностями, крім зазначених координат і імпульсу, можуть бути хвильовий і корпускулярний прояв речовини або випромінювання, енергія і тривалість події або вимірювання, що виражається співвідношенням $\Delta E \Delta t \geq \hbar$. Також для квантово-механічних явищ характерні: тунельний ефект, принцип суперпозиції, статистичні закономірності і імовірнісна передбачуваність [2, 34, 61, 64].

- 1925-1928 роки - створення теорії будови атома на основі квантово-механічних уявлень.



Детальніше:

Фізик-теоретик В. Паулі (нім. *Wolfgang Ernst Pauli*, 1900-1958, Австрія-США), використовуючи нові квантово-механічні уявлення про властивості електрона, сформулював принцип, що дозволив пояснювати розташування електронів по оболонкам.

В. Паулі так само ввів поняття «нейтрино».

За відкриття принципу заборони - принципу Паулі, в 1945 році В. Паулі була присуджена Нобелівська премія [15, 35, 62].

Таким чином в науковому природознавстві хвильова механіка і квантова теорія елементарних процесів замінили класичне уявлення про планетарну модель атома й орбіти електронів.

■ **Протон-нейтронна модель ядра атома.**

У ХХ столітті стало зрозуміло, що елементарні частинки насправді такими не є, а самі складаються з ще більш фундаментальних і різних структурних одиниць.



Детальніше:

- 1910 рік - відкриття ізоотопів у ході експериментів з вивчення продуктів розпаду радіоактивних ядер. Було виявлено, що існує кілька різних речовин, які мають однакові хімічні властивості, але розрізняються атомною масою і характеристиками радіоактивного розпаду. За пропозицією Ф. Содді такі речовини були названі ізоотопами.

- 1912 рік - Ч. Вільсон (англ. *Charles Thomson Rees Wilson*; 1869-1959, Англія) винайшов трековий детектор - камеру Вільсона. За відкриття методу, що робить видимими траєкторії заряджених частинок за допомогою конденсації пари, Ч. Вільсону у 1921 році була присуджена Нобелівська премія з фізики.

- 1919 рік - Ф. Астон (англ. *Francis William Aston*; 1877-1945, Англія) побудував мас-спектрограф з високою роздільною здатністю і запропонував електромагнітний метод розділення ізоотопів. За допомогою мас-спектрометра було підтверджено, що існують два ізотопи неону, атомні маси яких майже в точності рівні 20 і 22. Досліджуючи потім елемент хлор, який має атомну масу 35,46 Астон показав, що хлор дає спектр мас, в якому спостерігаються дві лінії 35 і 37, і не видно ніяких ліній з дробовою атомною масою. Тому хлор подібно неону складається з двох ізоотопів з масовими числами $A=35$ і 37 . До кінця 1920 року Астон досліджував на сконструйованому ним мас-спектрографі 19 елементів і виявив, що 9 з них складаються з двох і більше ізоотопів, маси яких близькі до цілих чисел. За відкриття великої кількості стабільних ізоотопів і вивчення їх властивостей в 1922 році Ф. Астону була присуджена Нобелівська премія з хімії.

- 1929 рік. - винахід Е. Лоуренсом (англ. *Ernest Orlando Lawrence*; 1901-1958, США) першого циклотрону. За винахід і створення циклотрону, й за результати, отримані на ньому, особливо, пов'язані із штучними радіоактивними елементами, у 1939 році Е. Лоуренсу було присуджено Нобелівську премію з фізики.

- 1930 рік - В. Боті (нім. *Walther Wilhelm Georg Bothe*; 1891-1957, Німеччина) при дослідженні взаємодії α -частинок із мішенню з берилію виявив нове випромінювання, яке мало велику проникаючу здатність і призвело потім до відкриття нейтрона. В. Боті використовував метод збігів для вивчення природи космічних променів, в результаті яких було встановлено, що космічне випромінювання складається із заряджених частинок, а не з високоенергетичних γ -квантів, як передбачалося раніше. За метод збігів і зроблені з його допомогою відкриття в 1935 році В. Боті була присуджена Нобелівська премія.

1932 рік - Д. Кокрофт (англ. *John Douglas Cockcroft*; 1897-1967, Англія) і Е. Уолтон (англ. *Ernest Thomas Sinton Walton*; 1903-1995, Англія) прискореними протонами розщепили ядра бору і літію. За піонерську роботу по трансмутації атомних ядер за допомогою штучно прискорених атомних частинок у 1932 році Д. Кокрофту і Е. Уолтону була присуджена Нобелівська премія з фізики.

- 1932 рік - Дж. Чедвік (англ. *Sir James Chadwick*; 1891-1974, Англія) відкрив нейтрон і показав, що до складу атомного ядра входять нейтрони. За відкриття нейтрона в 1935 році Дж. Чедвік була присуджена Нобелівська премія з фізики.

- 1932 рік - Д.Д. Іваненко (1904-1994, СРСР), В. Гейзенберг в незалежних роботах створили протон-нейтронну модель атомного ядра.

Основні положення: - атомне ядро складається з протонів і нейтронів; - число протонів Z у ядрі визначає електричний заряд ядра; - сумарне число протонів і нейтронів $A=Z+N$ визначає масу атомного ядра; - на відміну від електронних оболонок атомів, ядра мають цілком певні розміри; - радіус ядра R описується співвідношенням $R=1,3A^{1/3}$ фермі; - атомні ядра мають велику масу і позитивний заряд. Розміри атомних ядер зазвичай вимірюють у позасистемній одиниці довжини - фермі: 1 фермі= 10^{-13} м.

Протон-нейтронна модель ядра успішно вирішила проблему «азотної катастрофи»: - згідно протон-нейтронної моделі ядра ізотоп ${}^{14}_7\text{N}$ складається з 7 протонів і 7 нейтронів; - так як і протон, і нейтрон мають власний спіні $J=1/2$, повний спіні ядра повинен мати цілочисельне значення, що узгоджується з експериментом. Отримали пояснення також і малі значення магнітних моментів атомних ядер - порядку декількох ядерних магнетонів. Якби до складу атомного ядра входили електрони, то магнітні моменти ядер повинні були б мати величини порядку електронних магнетонів Бора, тобто перевищували б спостережувані величини магнітних моментів ядер в тисячі разів. Протон-нейтронна модель ядра пояснила існування ізотопів. Ізотопи -

атомні ядра, які мають однакове число протонів Z і різне число нейтронів N . Сьогодні відомо понад 3,5 тис. ізотопів. Зазвичай ізотопи зображують на N - Z -діаграмі атомних ядер. Масове число ізотопу $A=N+Z$ [61, 34].

На зміну протон-електронної моделі атомного ядра прийшла протон-нейтронна модель ядра. Створення нейтронно-протонної моделі атома завершило перший етап розвитку ядерної фізики: всі складові елементи атома і атомного ядра були встановлені. Відкриття нейтронів стало важливим етапом у розвитку уявлень про будову атомного ядра.

Наука почала відкривати нові складові атому. Вивчення властивостей античастинок дозволило глибше зрозуміти симетрії, що лежать в основі організації матерії. Були відкриті ядерні сили.



Детальніше:

- 1932 рік - відкриттям К. Андерсоном (англ. *Carl David Anderson*; 1905-1991, США) в космічних променях позитрону. Позитрон був передбачений Дираком у 1930 році. Позитрон (e^+) являється античастинкою електрона. Позитрон був першою частинкою нового світу - антисвіту.

Слідом за позитроном на прискорювачах були отримані антипротони і антинейтрони. Отримано було ядра антидейтерія, ізотопи антигелія ${}^3\overline{\text{He}}$, ${}^4\overline{\text{He}}$, які складались із антипротонів і антинейтронів. Отримано було перші атоми антиводню, які складались із антипротону і позитрону.

- 1934 рік - відкритті реакції під дією теплових нейтронів.

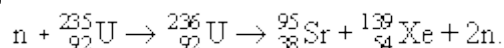
- 1934 рік - Е. Фермі (італ. *Enrico Fermi*; 1901-1954, США) сформулював теорію β -розпаду і ввів нове поняття - *слабка взаємодія*. За демонстрацію існування нових радіоактивних елементів, отриманих за допомогою нейтронного опромінення і за відкриття реакцій, викликаних повільними нейтронами у 1938 році Е. Фермі була присуджена Нобелівська премія з фізики.

- 1935 рік - Х. Юкава (яп. 湯川秀樹, 1907-1981, Японія) припустив за аналогією з електромагнітною взаємодією, що ядерні сили обумовлені існуванням нової частинки, яка переносить ядерну взаємодію. Масу цієї частинки ≈ 150 MeV він оцінив, виходячи із радіуса дії ядерних сил. Це стало вирішальним кроком у розвитку концепції ядерних сил як обміну масивною частинкою.

- 1936 рік - відкриття К. Андерсоном мюона - партнера-близнюка електрона при дослідженні космічних променів. Були виявлені частинки, які при проходженні магнітного поля відхилялися у меншій мірі, ніж електрони, але більш різко, ніж протони – мюони. Було встановлено, що величина заряду мюона аналогічна заряду електрона, маса - у 207 разів більше.

Науці стало очевидно, що у кожної частинки має бути нейтрино. Було зроблено припущення, що електрону і електронному нейтрино в атомі відповідає ядро з верхнього і нижнього кварків. Оскільки всі чотири частинки стабільні і становлять основу будь-якої матерії на планеті, логічно було припустити, що у нестійких мюона і мюонного нейтрино теж повинна бути своя кваркова пара.

- 1939 рік - відкриття реакції поділу ядер урану нейтронами О. Ган (нім. *Otto Hahn*; 1879-1968, Німеччина) і Ф. Штрассман (нім. *Fritz Strassmann*, 1902-1980, Німеччина). При опроміненні солі урану тепловими нейтронами, виявили серед продуктів реакції барій ($Z=56$), що свідчило про розщеплення ядра на осколки ділення. Встановлено було, що при розподілі можуть виникати й інші частинки - нейтрони, електрони, α -частинки. В результаті поділу вивільняється енергія ~ 200 МеВ. Розподіл може бути спонтанним або вимушеним під дією інших частинок, найчастіше нейтронів. Характерною особливістю поділу є те, що осколки поділу, як правило, істотно розрізняються за розміром маси, тобто переважає асиметричний поділ. Так, у разі найбільш ймовірного розподілу ізотопу урану ^{235}U , відношення мас осколків дорівнює 1,46. Важкий осколок має при цьому масове число 139 (ксенон), а легкий - 95 (стронцій). З урахуванням випускання двох миттєвих нейтронів розглянута реакція поділу має вигляд



За відкриття реакції поділу ядер урану нейтронами в 1944 році О. Гану була присуджена Нобелівська премія з хімії [53, 61, 34].

- 1942 рік - Е. Фермі здійснив керовану ланцюгову реакцію поділу в першому атомному реакторі.

- 1945 рік - перше випробування ядерної зброї (штат Невада, США). На японські міста Хіросіма (6 серпня) і Нагасакі (9 серпня) американськими військами були скинуті атомні бомби.

- 1946 рік - під керівництвом І.В. Курчатова (1903-1960, СРСР) був пущений перший в Європі реактор.

- 1947 рік - фізики почали відкривати нестабільні частинки, породжені взаємодією космічних променів із земною атмосферою. Властивості відкритих нових нестабільних частинок не вкладалися в тодішні наукові уявлення про світобудову, тому вони отримали назву «дивні» (англ. «*strange*»).

- 1947 рік - відкриття π -мезона стало підтвердженням правильності ідеї Х. Юкава, що ядерні сили - це новий тип взаємодій у фізиці.

Стало зрозуміло, що ядерні сили виявилися набагато складнішими у порівнянні з електромагнітними і гравітаційними. Ядерні сили, що мають характер тяжіння на відстані $\sim 1\div 5$ Фермі, змінюються силами відштовхування на відстані $< 0,5$ Фермі. У 1949 році Х. Юкава за передбачення існування мезонів на основі теоретичних робіт по ядерним силам отримав Нобелівську премію.

Надалі роботи в цьому напрямку посилилися, стали вивчати структуру частинок, будуючи прискорювачі. Було встановлено, що нові частинки народжуються в прискорювачі з енергії. Чим більша енергія прискорювача, тим глибше в матерію можна проникнути, народивши більш важчу частинку.



Детальніше:

- 1952 рік - запущений циклічний прискорювач Брукхейвенської національної лабораторії (англ. *Brookhaven National Laboratory, Cosmotron BNL*; Лонг-Айленд, США) - перший в світі синхрофазотрон, що прискорює протони на рекордну для середини ХХ століття енергію 3,3 ГеВ.

- 1954 рік - була запущена перша у світі атомна електростанція (Обнінськ, СРСР).

- 1957 рік - запуск синхрофазотрону Об'єданого інституту ядерних досліджень (ОІЯД) у Дубні (СРСР) під керівництвом В.І. Векслера (1907-1966, СРСР) з енергією прискорення 10 ГеВ.

- 1960 рік - відкритий Σ -гіперонів на синхрофазотрон в Дубні (СРСР).

- 1967 рік - відкрито синхрофазотрон в Інституті фізики високих енергій (ІФВЕ) в Протвіно (СРСР) з енергією прискорення 70 ГеВ.

- 1976 року - відкритий кільцевий прискорювач частинок Європейської організації з ядерних досліджень (ЦЕРН) (фр. *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*) з довжиною кільця 6,9 км (англ. *Super Proton Synchrotron, SPS*; Швейцарія, Франція) з енергією 450 ГеВ.

Необхідно відзначити, що в момент появи термін «елементарна частинка» відзеркалював наукову тенденцію намагатися побачити у багатьох різних фізичних явищах дію невеликого числа простих елементарних сутностей. У 20-ті роки ХХ століття фізики вважали, що світ складається із трьох видів елементарних частинок - електронів, протонів і квантів електромагнітного випромінювання. У 30-і роки ХХ століття число відомих елементарних частинок зросло до чотирьох: нейтрон, позитрон, мюон, нейтрино. У той період відкриття кожної нової частинки сприймалося у фізиці як значна подія. В кінці 40-х років були відкриті теоретично розраховані раніше піони. Однак у 50-і роки ХХ століття почалася нова хвиля відкриттів безлічі частинок, про існування яких фізична наука навіть не підозрювала: було відкрито близько десятка нових, так званих «дивних» частинок, існування в природі яких виявилось цілковитою несподіванкою. У 60-ті роки зростання кількості нововідкритих частинок набуло значних розмірів і стало звичним [33, 34].

В цілому прогрес у вивченні ядра атома створив базис для подальшого фундаментального вивчення суб'ядерних частинок і зміни теоретичних поглядів на його будову, оскільки існуючі теорії не могли пояснити все.

Період сучасного вивчення. Адронна модель атома.

Сучасне вивчення можна асоціювати з розвитком адронної моделі атома. Важливий внесок внесли такі вчені як Дж. Цвейг (англ. *George Zweig*; 1937 США), М. Гелл-Ман (англ. *Murray Gell-Mann*; 1929-2019, США), Д. Бьоркен (англ. *J. Bjorken*; 1934 США), Ш. Глешоу (англ. *Sheldon Lee Glashow*; 1932 США), С. Тінг (кит. 丁肇中; англ. *Samuel Chao Chung Ting*; 1936 США), Б. Ріхтер (англ. *Burton Richter*; 1931 -2018, США), К. Руббіа (італ. *Carlo Rubbia*; 1934 Італія), М.Б. Волошин (1953-2020, СРСР, США), Л.Б. Окунь (1929, СРСР, Росія).

■ Кваркова/адронна модель атома Д. Цвейга-Гелл-Мана.



Детальніше:

- 1964 рік - Дж. Цвейг (англ. *George Zweig*; 1937 США) запропонував гіпотезу існування кварків, М. Гелл-Ман (англ. *Murray Gell-Mann*; 1929-2019, США) постулював кваркову модель елементарних частинок, тобто ними була постульована *адронна модель атома*.

Основні положення: - атом подільний і складається з частинок - адронів; - адрони обумовлюють сильну ядерну взаємодію, яка утримує разом протони і нейтрони у атомному ядрі, при цьому протони і нейтрони складаються із частинок - кварків (слово взято з роману Джеймса Джойса «Поминки по Фіннегану»); - у адрону ознак/ступенів свободи або кварків наявно два, але комбінуватися вони можуть між собою по-різному, і це обумовлює загальну енергію адрону; - адрон складається з двох кварків, *u* - верхнього і *d* - нижнього (від англ. «up», «down») і їх античастинок; - верхній кварк має позитивний заряд, що дорівнює $\frac{2}{3}$ протонного, нижній - негативний із зарядом, що дорівнює $\frac{1}{3}$ заряду протона; - кварки - це «будівельний матеріал» для протонів і нейтронів, і при спробі відокремити кварк від адрону, адрон розпадається на протон/нейтрон та піон, який складається знову-таки із цих двох кварків (тому їх стали вважати сім'єю - дублетом - і представляти адрони у вигляді їх комбінацій: баріони, наприклад, як *uud* або *udd*, а мезони - як союзи частинки і античастинки (наприклад, *u \bar{u}*) [17, 26, 34].

▪ **Стандартна модель.**

У середині 1970-х років у науковому природознавстві була побудована загальна теорія субатомних частинок, так звана *Стандартна модель*, яка залишається науково актуальною і у теперішній час.



Детальніше:

Основні положення: - ядро атома складається з адронів; - всі адрони є комплексними об'єктами, які складаються із істинно елементарних частинок – із кварків; - кварки можуть існувати лише всередині адронів і тому ніколи не спостерігаються у вільному стані; - адрони бувають двох видів - баріони і мезони; - кожен баріон є комбінацією трьох кварків, а мезон - це зв'язаний стан кварка і антикварка; - кваркова модель включала лише три кварка і три антикварка, які позначались буквами *u*, *d* і *s* (від англ. «up», «down», «strange»); - *u*-кварк має позитивний електричний заряд, рівний $2/3$ заряду протона; - заряди *d*-кварка і *s*-кварка рівні $-1/3$; - *u*-кварк; - *d*-кварк формують частинки, які утворюють атомні ядра (протони і нейтрони) і являються «будівельним матеріалом» для утворення звичайної матерії; - всередині ядер *u*-кварк і *d*-кварки зв'язуються завдяки обміну пі-мезонами (піонами), які складаються лише із *u*- і *d*-кварків і їх антикварків; - *u*-кварк і *d*-кварк утворюють окреме сімейство - дублет; - призначення третього кварка було не зрозумілим, його так само назвали «дивним» і було зроблено припущення, що він повинен входити до складу другого кваркового дублета і мати партнера з зарядом $2/3$ [2, 17, 18].

▪ **Гіпотеза четвертого «чарівного кварка».**



Детальніше:

- 1970 рік - Д. Бьоркен (англ. *J. Bjorken*; 1934 США) і Ш. Глешоу (англ. *Sheldon Lee Glashow*; 1932 США) висунули гіпотезу четвертого кварка, яка ґрунтувалася на очевидних логічних аргументах існування кваркового дублета. Четвертий гіпотетичний кварк був названий «зачарованим» або *s*-кварком (від англ. «*charmed*»). Термін «чарівний» повинен був підкреслити, що гіпотетичний кварк відновлює чарівність/красу симетрії у мікросвіті субатомних частинок.

- 1970-ті роки - був накопичений ряд експериментальних підтверджень теорії кварків. Але абсолютного наукового визнання кваркової моделі будови атома не відбувалося, так як: 1) були сумніви в реальності частинок, які неможливо було детектувати; 2) не був відкритий невістачаючий четвертий «чарівний» кварк, розрахований теоретично, але не знайдений в експерименті [17, 26, 34].

▪ **Кваркова «Листопадова революція».**

У 1974 році відбулось відкриття четвертого чарівного кварка С. Тінгом (кит. 丁肇中; англ. *Samuel Chao Chung Ting*; 1936 США) і Б. Ріхтером (англ. *Burton Richter*; 1931-2018, США), що отримало назву «Листопадова революція».



Детальніше:

Групою С. Тінга (Массачусетський технологічний інститут, США) були виконані експерименти із протонами та ядрами берилію у Брукгейвенській національній лабораторії на острові Лонг-Айленд на високочутливому магнітному спектрометрі власної конструкції, встановленому на синхротроні AGS, який розганяв протони до енергії 33 ГеВ. Було встановлено, що при розгоні протонів приблизно до 3 ГеВ утворюється більше електрон-позитронних пар, ніж зазвичай, а їх загальна енергія становить 3,1 ГеВ. Це свідчило про розпад невідомої частинки, яка важить як три протони (розмір «чарівного» кварка). Частинка була названа J-мезон (джей-мезон).

Група Б. Ріхтера (Стенфордський університет, США) експериментувала зі зштовхуванням електронів і позитронів для утворення адронів на лінійному прискорювачі електронів SLAC, який розганяв протони до енергії 20 ГеВ відповідно. Було встановлено, що при загальній енергії розгону 3,1 ГеВ адрони утворюються інтенсивніше, з утворенням каонів. Був зроблений висновок, що такі частинки могли з'явитися виключно після розпаду іншої важкої частинки, всередині якої міститься чарівний кварк. Далі енергія електронів і позитронів була доведена до 3,105 ГеВ, внаслідок чого адрони стали утворюватися у сто разів швидше, ніж раніше. Це дозволило Б. Ріхтеру зробити висновок, що «прабатьками» каонів є особливі мезони із масою 3,105 ГеВ. Частинка була названа ψ мезон (пси-мезон).

С. Тінг і Б. Ріхтер одночасно зробили відкриття четвертого кварка, який отримав подвійну назву J/ ψ (джей-пси-мезон). Відкриття J/ ψ -мезону було визнано досягненням революційного масштабу і отримало назву «Листопадова революція». За відкриття четвертого «чарівного» кварка в 1976 році вченим була присуджена Нобелівська премія [2, 17, 18, 22].

Після відкриття четвертого кварку правильність Стандартної моделі була визнана науковим світом.

Стандартна модель здатна адекватно описати практично всі експерименти з фізики елементарних частинок.

Подальші дослідження і пошуки явищ, що виходять за межі Стандартної моделі, були продовжені і тривають.



Детальніше:

- 1977 року - відкриття b -кварка - доповнення Стандартної моделі членом нового дублета.
- 1983 рік - К. Руббіа (італ. *Carlo Rubbia*; 1934 Італія) відкрив W - і Z -бозони - носії слабкої ядерної взаємодії.
- 1994 рік - початок планування великого адронного колайдера в ЦЕРН (Large Hadron Collider, CERN).
- 1995 рік - відкриття t -кварка - надмасивного партнера b -кварка в Стандартній моделі.
- 2000 рік - відкрито тау-нейтрино на базі Фермілаб (Fermilab) - остання частина стандартної моделі (за винятком частки Хіггса).
- 2008 рік- запуск великого адронного колайдера в ЦЕРН (Large Hadron Collider, CERN).
- 2011 рік - відкриття у експерименті LHCb (один з чотирьох основних експериментів на Великому адронному колайдері в Європейській організації ядерних досліджень (CERN, Женева, Швейцарія) несподівано великої різниці у властивостях так званих зачарованих мезонів і їх античастинок.
- 2011 рік - вченими Інституту теоретичної та експериментальної фізики (Москва, Росія) та Інституту ядерної фізики (Новосибірськ, Росія) у межах міжнародного експерименту BELLE були виявлені адрони, що складаються з двох кварків і двох антикварків, розцінені імовірно, як молекули з мезонів, передбачені теоретиками інституту теоретичної та експериментальної фізики М.Б. Волошиним (1953-2020, СРСР, США), Л.Б. Окунем (1929, СРСР, Росія).
- 2012 рік – було відкрито Бозон Хіггса - це остання частинка, яка була передбачена Стандартною моделлю.
- 1 липня 2020 року - Європейська організація ядерних досліджень - ЦЕРН повідомила про відкриття тетракварка нового типу, що складається з двох z -кварків і двох z -антикварків, званих також «зачарованими кварками» і «зачарованими антикварками». Як повідомила прес-служба ЦЕРН, цю частку виявили фахівці наукової колаборації LHCb [2, 17, 18, 22, 78].

Квантова теорія поля.

Результати й ідеї квантової механіки дозволили побудувати теорію про рух заряджених мікрочастинок, з огляду на їх квантово-механічну природу - квантову електродинаміку (квантову теорію поля).

Основні положення квантової теорії поля [2, 5, 6, 14, 16]:

- найважливішим її законом є закон взаємного перетворення двох видів матеріальних субстанцій - матеріальної і польової матерії - один у одне;

- відповідно до квантової теорії поля, неможливим вважається такий стан, коли немає ні поля, ні частинок - тобто неможлива порожнеча;
- поле не може перестати існувати; у своєму найнижчому енергетичному стані воно виступає як вакуум;
- для вакууму характерні не вільні, самостійні, які спостерігаються, а віртуальні частинки, що породжуються і відразу ж поглинаються ним;
- вакуум - це хмара віртуальних частинок, цілком реальне фізичне середовище;
- вакуум немов обволікає будь які невіртуальні частинки;
- механізм квантово-польової взаємодії здійснюється відповідно до концепції близькодії, тобто за кінцевий проміжок часу.

- 1948 рік - фізик Р. Фейнман (англ. *Richard Phillips Feynman*, 1918-1988, США) розробив спосіб графічного зображення взаємодії елементарних частинок - метод інтегрування по траєкторіях в квантовій механіці, при якому віртуальні частинки зображуються хвилястими або пунктирними лініями, а невіртуальні частинки зображуються прямими лініями, рис. 1 [2, 34, 51, 53, 64, 68]



Рис. 1. Взаємодія двох частинок за допомогою одного віртуального кванта [51].

Фізичні явища в мікросвіті підпорядковуються іншим законам, ніж в класичній і релятивістській механіці. Але чи існує тяжіння у мікромасштабах, на це питання могла б відповісти квантова теорія гравітації, але вона доки що не розроблена, оскільки немає теорії тяжіння, узгодженої з квантово-механічними принципами. Згідно Ейнштейну, гравітація проявляється у викривленні простору-часу, тому у так званій квантовій теорії гравітації Всесвіту структура простору-часу і його кривизна повинні флуктувати, оскільки

квантовий світ ніколи не знаходиться в спокої і має імовірнісний характер. Але ці флуктуації не виявляються через малу величину постійної Планка. Істотним «недоліком» квантової теорії вважають те, що вона нічого не внесла нового у розуміння процесів часу при русі квантових частинок. Ні Ньютон, ні Ейнштейн в своїх рівняннях руху не отримали «стрілки часу», і тим самим дозволили тілам і частинкам вільно рухатися у часі. А квантове рівняння руху Шредінгера зі своєю знаменитою хвильовою функцією перетворило цей рух у «непередбачуваний» у часі [2, 5, 6, 14, 64, 68].

Значення сучасних електромагнітних уявлень про організацію матерії з позиції системної медицини.

Відповідно до Стандартної моделі, матерія - це фундаментальна сутність, яка має дві рівноправні форми - форму речовини, що володіє масою і проявляється у вигляді всіляких елементарних частинок, атомів, молекул й будь-яких об'єктів, які утворені із них, та форму енергії, яка не володіє масою і виявляється у вигляді різних фізичних полів [17, 26, 34].

Іншими словами, атом складається із ядра - протона та електрона/електронів, які обертаються навколо нього. При цьому протон - це «згусток/частинка» енергії позитивного заряду, яка має складну будову згідно із уявленнями Стандартної моделі, а електрон - це «згусток/частинка» енергії негативного заряду. Принципово важливий момент полягає у тому, що атом складається із енергії й енергія є ще однією із сутностей матерії, такою ж, як і маса. При цьому розглядати матерію як частинку/атом або як енергію/польову структуру - це просто два різних способи опису одного і того ж об'єкту, інакше кажучи – це дві різні точки зору на один і той же об'єкт. Таким чином, відповідно до Квантової теорії поля, ідентичність маси й енергії в матерії є головною фізичною концепцією матерії. Зв'язок між масою та енергією описується наочно формулою А. Ейнштейна $E=mc^2$, яка демонструє ідентичність маси і енергії у математичній моделі матерії, а між частотою і енергією у рівнянні Планка – $E=h\nu$ [2, 6, 14, 26, 34].

Робота над Квантовою теорією поля, яка була розпочата у другій половині ХХ століття, триває і по теперішній час. Основною націленістю її залишаються проблеми космофізики. Проте при описі

живої матерії саме модельні уявлення Квантової теорії поля дозволяють побудувати внутрішньо несуперечливу магнітоелектрохімічну теорію обміну речовин у живих біологічних системах, включаючи людський організм.

Історичний ракурс еволюціонування даного наукового знання почався із введення Фарадеєм поняття «електрон». У фізиці електрики вважається, що електрон - це точковий носій елементарного (негативного) заряду. У цьому модельному поданні головною характеристикою електрона був його заряд, що відповідало завданням «класичної» фізики, електроніки, електротехніки. У некласичній фізиці, а саме у квантовій механіці уявлення про електрон були доповнені його хвильовими властивостями і магнітним моментом (спіном). Це призвело до формування остаточної моделі електрона, відомої як дуалізм «хвиля-частка». Дана модель є основою всіх сучасних мікро- і нанотехнологій та досі продовжує залишатись відповідною всім сучасним технічним застосуванням у мікросвіті.

На сучасному етапі у квантовій теорії поля електрон став розглядатися як одна із багатьох елементарних частинок, народження та анігіляція яких у різних процесах є постійним актом перетворення речовини-енергії у просторі Всесвіту. Відповідно у квантової теорії поля не існує дуалізму «хвиля-частка», оскільки перетворення речовини (для електрона - існування у вигляді частинки з кінцевої масою) в енергію (для електрона - прояв у вигляді хвилі) є узаконеною поведінкою будь-якої матерії. При цьому анігіляція електрона і позитрона із народженням γ -квантів, тобто перехід маси в енергію, - це елементарний процес у фізиці макрокосму.

Дані фізичні закономірності докорінно змінили можливість наукового погляду на організацію живої матерії на мікрорівні і повністю змінюють теоретичні наукові погляди на людський організм. *Тепер, виходячи із сучасних фізичних позицій, кожна структура людського тіла (атом, молекула, клітина, орган, фізичне тіло) може бути також описана двома різними способами: і як речовина, і як енергія.*

Даний постулат робить науково обґрунтованим можливість опису людського організму як результату прояву польових структур, які утворюють його живу матерію (атомів, молекул,

клітин, органів, усього фізичного тіла), пояснює наявність у людському організмі польових структур, відкриває нові перспективи наукового розвитку природничих наук із позицій системності і фундаментального розуміння феноменів життя та смерті живого біологічного організму й перебігу у ньому енергетичних процесів в ході його життєдіяльності.

Виходячи із цього, характеристика матерії живої біологічної системи (клітини, тканини, органу, системи органів, органного комплексу, цілісного організму) крім загальноприйнятих характеристик речовини (склад, щільність, маса, атомарно-молекулярна та/або гістоморфологічна будова, тощо) набуває нові об'єктивні характеристики, зумовлені розглядом її з позицій електромагнітної/хвильової моделі як польової структури (енергія, електричні і магнітні дипольні моменти, частота, тощо). При цьому індивідуальність даних електромагнітних проявів живої системи/людського організму повинна бути обумовлена сукупністю як вихідних електромагнітних характеристик атомарного складу молекул речовини живого організму, так і результатом перебігу у них енергетичних процесів обміну речовин в ході життєдіяльності.

Таким чином, з позицій системної медицини це обумовлює принципово нове трактування людського організму. Людський організм тепер може бути описаний і як комплекс польових структур із різних тканин та органів із індивідуальними частотними характеристиками/фізичними полями (інфрачервоним, оптичним, магнітним, електромагнітним, акустичним, електростатичним), які генеруються в процесі життєдіяльності, є адекватним відображенням біофізичної реальності феномена життя. Позначене є основою для подальшого переходу наукової парадигми обміну речовин від хімічної та електрохімічної концепцій до магнітоелектрохімічної концепції і згодом теорії.

Нове розуміння сутності електромагнітного функціонування живих систем/людського організму може дозволити вивчити більш глибоко і фундаментально електромагнітні параметри, відповідні функціонуванню тканин органів організму в нормі і при патології, а також може сприяти розвитку принципово інших діагностичних підходів у об'єктивному обстеженні людського організму. Все це може доповнити вже існуючу медичну систему, сприяючи її поліпшенню та ініціюючи подальший медичний прогрес у цілому.

На сьогоднішній день дослідження електромагнітних і магнітних характеристик організму людини вже увійшло у практичну охорону здоров'я та наукову медицину. Електрографія (електрокардіографія, електроенцефалографія, електроміографія, тощо), магнітографія (магнітокардіографія, магнітоенцефалографія) використовуються у практичній охороні здоров'я та у наукових дослідженнях. Завдяки цьому значна кількість локальних електричних і магнітних феноменів прояву обміну речовин та життєдіяльності людського організму були зареєстровані, отримали певне фізіологічне й клінічне тлумачення, були визнані валідними. Однак, сьогоднішні наявні медичні наукові погляди на електромагнітну феноменологію функціонування живих біологічних систем і людини потребують продовження розвитку в аспекті подальшого перегляду концепції відповідно до отриманих нових знань фундаментальних наук і з позицій системної медицини, системного природознавства.

Оскільки сучасні наукові погляди на будову та організацію матерії істотно поглибилися й трансформувалися, то саме тому вчені-медики також відповідно повинні змінити свій погляд на розуміння будови і функціонування людського організму, як одного із варіанту матеріального прояву живої матерії у Всесвіті. У глобальному сенсі, на наш погляд, для подальшого наукового прогресу у медицині категорично необхідний наступний крок - крок від сприйняття електромагнітних проявів як симптомів, як показників методів додаткового обстеження, що підтверджують діагноз, до повного наукового визнання магнітоелектрохімічних процесів як першопричини життєдіяльності, здоров'я і хвороби, тобто сприйняття і трактування електромагнітних феноменів не як наслідку життєдіяльності та здоров'я, а як основи і їх першопричини.

Висновки.

- Наукова думка нашої людської цивілізації пройшла 2500 років наукового пошуку на шляху створення сучасних уявлень електромагнітної організації матерії, які (на подив) виявилися ідейно не суперечливі і близькі доктринам античного світу.
- Складний гносеологічний шлях привів природознавство до визнання нової парадигми організації матерії, ключовими аспектами якої стали: 1) корпускулярно-хвильова модель організації матерії; 2) Квантова теорія поля; 3) Стандартна модель атому.
- Виходячи із позицій системного природознавства (системної біології і медицини) нова наукова парадигма, базуючись на сучасних електромагнітних уявленнях про будову матерії, відкриває перспективи для екстраполяції нового знання на живі біологічні системи, включаючи людину, а також диктує необхідність перегляду із позицій системної медицини всіх аспектів організації, функціонування, життєдіяльності людського організму, що зумовлюються нею.
- З позицій системної медицини електромагнітна організація матерії обумовлює принципово інше трактування людського організму, який тепер може бути описаний і як комплекс польових структур із різних тканин та органів із індивідуальними частотними характеристиками/фізичними полями (інфрачервоним, оптичним, магнітним, електромагнітним, акустичним, електростатичним), які генеруються в процесі життєдіяльності і виявляються адекватним відображенням біофізичної реальності феномена життя.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Айзексон У. Эйнштейн. Его жизнь и его Вселенная: монография. Москва: Corpus, 2015. 832 с.
2. Беданокон Р. Квантовая физика и элементы квантовой механики: учебник / под ред. Т.С. Спирина. Москва: Лань, 2020. 116 с.
3. Бор Н. Воспоминания об Э. Резерфорде - основоположнике науки о ядре. Дальнейшее развитие его работ / пер. В.А. Угарова. *Успехи физических наук*. 1963. Т. 80. № 2. С. 215-250.
4. Бор Н. Проблема причинности в атомной физике / пер. и комм. И.С. Алексеева. *Успехи физических наук*. - 1985. -Т 147, № 10. С. 343-355.
5. Вигнер Е. Теория групп и ее приложения к квантовомеханической теории атомных спектров. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2000. 452 с.
6. Волков А.Г., Повзнер А.А. Курс физики. Квантовая физика: учебное пособие. Екатеринбург: УрФУ, 2017. 155 с.
7. Галилей Г. Диалог о двух системах мира. Москва - Ленинград: ГИТТЛ, 1948. 147 с.
8. Галилей Г. Избранные труды в двух томах. Москва: Наука, 1964. Т. 1. 640 с.
9. Галилей Г. Избранные труды в двух томах. Москва: Наука, 1964. Т. 2. 572 с.
10. Гейзенберг В. Замечания к теории атомного ядра. *Успехи физических наук*. 1936. Т. 16, №1. С. 1-7.
11. Гейзенберг В. Нелинейные проблемы в физике. *Успехи физических наук*. 1968. Т. 94, №1. С. 155-166.
12. Гейзенберг В. Открытие Планка и основные философские проблемы атомной теории. *Успехи физических наук*. 1958. Т. 66, №10. С. 163-175.
13. Гейзенберг В. Природа элементарных частиц. *Успехи физических наук*. 1977. Т. 121, №4. С. 657-677.
14. Гольдин Л., Новикова Г. Квантовая физика. Вводный курс. Москва: Институт компьютерных исследований, 2002. 490 с.

15. Гроссман Э.А. Философские взгляды Вольфганга Паули. *Философия и культура*. 2008. №1. С. 148-155.
16. Егоров В.А. Природа квантовых явлений. Кинетические модели взаимодействий элементарных частиц и ядер. Санкт-Петербург: Реноме, 2015. 216 с.
17. Иванов М.Г. Как понимать квантовую механику. Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2012. 516 с.
18. Ишханов Б.С. История атомного ядра: учебное пособие. Москва: Университетская книга, 2011. 314 с. URL: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/histan/index.html>
19. Карцев В.П. Максвелл. Жизнь замечательных людей: серия биографий. Москва: Молодая гвардия, 1976. 336 с.
20. Карцев В.П. Ньютон. Жизнь замечательных людей: серия биографий; вып. 17 (684). Москва: Молодая гвардия, 1987. 415 с.
21. Клейн М. Дж. Макс Планк и начало квантовой теории. *Успехи физических наук*. 1967. Т. 92. С. 679-700.
22. Кокс Б., Форшоу Д. Квантовая вселенная. Как устроено то, что мы не можем увидеть. Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2016. 260 с.
23. Ландау Л.Д. Вольфганг Паули. *Успехи физических наук*. 1959. Т. 68, №3. С. 557-559.
24. Лошак Ж. Принц в науке. Де Бройль Л. Избранные научные труды. Том 1. Становление квантовой физики: работы 1921–1934 годов. Москва: Логос, 2010. С. 11-180.
25. Лошак Ж. Эволюция идей Луи де Бройля относительно интерпретации волновой механики. Л. де Бройль. Соотношения неопределённостей Гейзенберга и вероятностная интерпретация волновой механики (с критическими замечаниями автора). Москва: Мир, 1986. С. 9-29.
26. Лукіянець Б.А., Понеділок Г.В., Рудавський Ю.К. Основи квантової фізики: навчальний посібник. Львів: Львівської політехніки, 2009. 420 с.
27. Лучин А.А., Шапиро А.Л. Природа полей: взгляд с позиций классической физики и опыта. Москва: URSS, 2010. 120 с.
28. Максвелл Дж.К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля / под ред. П. С. Кудрявцева; пер. З.А. Цейтлина. Москва: Гостехиздат, 1954. 687 с.
29. Максвелл Дж.К. Трактат об электричестве и магнетизме. В 2 т. / под ред. М.Л. Левина, М.А. Миллера, Е.В. Суворова; (Классики науки); пер. с англ. Б.М. Болотовского и др. Москва: Наука, 1989. Т.1. 416 с.
30. Максвелл Дж.К. Трактат об электричестве и магнетизме. В 2 т / под ред. М.Л. Левина, М.А. Миллера, Е. В. Суворова; (Классики науки); пер. с англ. Б.М. Болотовского и др. Москва: Наука, 1989. Т.2. 436 с.
31. Милликен Р. Электроны, протоны, фотоны, нейтроны и космические лучи. Москва – Ленинград: Государственное объединенное научно-техническое издательство НКТП СССР, 1939. 310 с.

32. Мостовой И.Я., Труфанов Е.Ю. Геометрическая интерпретация уравнений Максвелла. *Радиотехника*. 2016. № 2. С. 24-28.
33. Мэлли М. История открытия бета-излучения. *Успехи физических наук*. 1973. Т. 2, №2. С. 389-398.
34. Паршаков А.Н. Курс лекций по квантовой физике: учебное пособие. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2006. 196 с.
35. Паули В. Общие принципы волновой механики. Москва – Ленинград: Гостехиздат, 1947. 332 с.
36. Пламеневский Б.А., Порецкий А.С., Сарафанов О.В. О вычислении волноводной матрицы рассеяния для системы Максвелла. *Функциональный анализ и его приложения*. 2015. Т. 49, №1. С. 93-96.
37. Сухонос С.И. Пропорциональная вселенная. Москва: Дельфис, 2015. 320с.
38. Планк Макс. 1858-1947: Сб. к столетию со дня рождения Макса Планка / под ред. А.Ф. Иоффе, А.Т. Григорьяна. Москва: Изд-во АН СССР, 1958. 276 с.
39. Полак Л.С. Эрвин Шредингер и возникновение квантовой механики / Э. Шрёдингера. Избранные труды по квантовой механике. Москва: Наука, 1976. С. 347-392.
40. Потяженко М.М., Невойт А.В. Энергетическая система человека в свете современных физико-биологических знаний, концепций, гипотез. *Український медичний часопис*. 2019. №4 (132), Т.2. С. 24-29.
41. Резерфорд Э. Нуклеарное строение атома. *Успехи физических наук*. 1921. Т. II, №2. С. 194-221. URL: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/UFN/r212d.pdf>
42. Сегеди А. Великие венгры: Альберт Сент-Дьёрди. Будапешт. Жемчужина Дуная / под ред. И. В. Осанова. Москва: Вече, 2012. 320 с.
43. Склодовская-Кюри М. Исследование радиоактивных веществ (радий, полоний, актиний, уран, торий и др.): Соч., представл. Париж. фак. наук, для получения степени д-ра физики / под ред. М.Я. Кульчицкого; пер. со 2-го испр. и доп. фр. изд. М.Я. Кульчицкий, М.Т. Кульчицкая. Москва: Печатня С.П. Яковлева, 1904. 147 с.
44. Склодовская-Кюри М. Радиоактивность / под ред. В. И. Баранова; пер. с фр. З.В. Ершовой, В.Д. Никольского. Москва, Ленинград: Государственное издательство технико-технической литературы, 1947. 520 с.
45. Склодовская-Кюри М. Эталон радия и измерения в области радиоактивности / под ред. Н. А. Булгакова; пер. с фр. Н. Тамамшевой. Санкт-Петербург: Физика, 1913. 63 с.
46. Солопова М.А. Античный атомизм: к вопросу о типологии учений и истоках генезиса. *Вопросы философии*. 2011. № 8. С. 157–168.
47. Суворов С.Г. Вклад де Бройля в развитие физики (К публикации переводов статей де Бройля). *Успехи физических наук*. 1967. Т. 93. С. 177.
48. Уилсон М. Американские учёные и изобретатели / пер. с англ. В. Рамзеса. Москва: Знание, 1975. 136 с.

49. Фарадей М. Силы природы и их соотношения / перевод прижизненного издания М. Фарадея; переводчик В.Ф. Лугинин. Санкт-Петербург: О.И. Бакста, 1865. 132 с.
50. Фарадей М. Экспериментальные исследования по электричеству, в трёх томах (Классики науки). Москва: Изд. АН СССР, 1959. Т.3. 836 с.
51. Фейнман Р. КЭД - странная теория света и вещества. *Изд-во: Полиграфиздат, Астрель, 2012. 196 с.*
52. Фишер К. Декарт, его жизнь, сочинения и учение / пер. с нем. под ред. Н.Н. Полил. Санкт-Петербург: Мифрил, 1994. 560 с.
53. Храмов Ю.А. Гюйгенс Христиан. Физики: Биографический справочник / под ред. А.И. Ахиезера; изд. 2-е, испр. и доп. Москва: Наука, 1983. С. 95, 400.
54. Храмов Ю.А. Декарт Рене. Физики: Биографический справочник / под ред. А.И. Ахиезера; изд. 2-е, испр. и доп. Москва: Наука, 1983. С. 95, 400.
55. Чанышев А.Н. История философии Древнего мира: учебник для студентов философских специальностей / Московский гос. университет им. М.В. Ломоносова, Филос. Факультет, 2-е изд. Москва: Парадигма: Академический Проект, 2011. 606 с.
56. Шрёдингер Э. Волновая теория механики атомов и молекул. *Успехи физических наук. 1927. Т. 7. С. 176-201.*
57. Шрёдингер Э. Основная идея волновой механики / В. Гейзенберг, П. Дирак, Э. Шрёдингер. Современная квантовая механика. Три нобелевских доклада. Ленинград-Москва: ГТТИ, 1934. С. 37-60.
58. Шрёдингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики? Москва: РИМИС, 2009. 176 с.
59. Шрёдингер Э. Что такое жизнь? Физический аспект живой клетки. Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. 92 с.
60. Эйнштейн А. Собрание научных трудов в четырёх томах. Том 3. Работы по кинетической теории, теории излучения и основам квантовой механики 1901-1955. Москва: Наука, 1966. URL: http://publ.lib.ru/ARCHIVES/E/EYNSHTEYN_Al'bert/_Eynshteyn_A..html
61. Яворський Б.М., Детлаф А.А., Лебедев А.К. Довідник з фізики: для інженерів та студентів вищих навч. Закладів. Тернопіль: Навчальна книга-Богдан, 2005. 1034 с.
62. Atmanspacher H., Primas H. Recasting Reality: Wolfgang Pauli's Philosophical Ideas and Contemporary Science. Berlin: Springer, 2009. 340p.
63. Badino M. Productive conservatism: Planck's second theory of radiation / M. Badino. *Annalen der Physik. 2012. V. 524. P. A29-A31.*
64. Badino M. Pursuing an Idea: Planck's Quantum Theory of Ideal Gas: preprint. 2010. P. 1-12. URL: https://www.academia.edu/1566066/Pursuing_an_Idea_Plancks_Quantum_Theory_of_Ideal_Gas
65. Bunsen R.W. American Chemical. The Journal of the American Chemical Society. *American Chemical Society. 1900. T. 23. P. 89-107.*

66. Concise Dictionary of Scientific Biography 2nd Edition. New York: Charles Scribner's Sons Publishing Co. Copyright. 2000. P. 606-607.
67. Hartmann H. Max Planck als Mensch und Denker. Frankfurt. 1964. 173s.
68. Heisenberg W. Quantum Theory of Fields and Elementary Particles. *Reviews of Modern Physics*. 1957. T.3, V. 29, № 3. P. 269-278.
69. Lockemann Georg: Bunsen, Robert Wilhelm. In: *Neue Deutsche Biographie (NDB)*. V. 3. Duncker & Humblot, Berlin 1957. P. 18-20.
70. Raman V.V., Forman P. Why Was It Schrödinger Who Developed de Broglie's Ideas? *Historical Studies in the Physical Sciences*. 1969. V. 1. P. 291-314.
71. Schrödinger E. Quantisierung als Eigenwertproblem (Vierte Mitteilung). *Annalen der Physik*. 1926. V. 386 (81). P. 109-139.
72. Schrödinger E. The final affine field laws. *Proceedings of the Royal Irish Academy A*. 1947. V. 51. P. 163-179.
73. Schrödinger. E. The proper vibrations of the expanding Universe. *Physica*. 1939. V. 6. P. 899-912.
74. Selles M.A. Infinitesimals in the foundations of Newton's mechanics. *Historia Mathematica*. 2006. № 33. P. 210-223.
75. Snobelen S.D. Isaac Newton, heretic: the strategies of a Nicodemite. *British Journal for the History of Science*. 1999. № 32. P. 381-419.
76. Thomson J.J. On the Structure of the Atom: an Investigation of the Stability and Periods of Oscillation of a number of Corpuscles arranged at equal intervals around the Circumference of a Circle; with Application of the Results to the Theory of Atomic Structure (extract of paper). *Philosophical Magazine Series*. 1904. V.7 (39). P. 237.
77. Thomson J.J. On the structure of the atom: an investigation of the stability and periods of oscillation of a number of corpuscles arranged at equal intervals around the circumference of a circle; with application of the results to the theory of atomic structure. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*. 1904. T. 7, V. 39. P. 237-265.
78. LHCb - Large Hadron Collider beauty experiment. URL: <https://lhcb-public.web.cern.ch/Welcome.html#Tcccc>

АТОМАРНИЙ РІВЕНЬ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ МІКРОРІВНЯ ЖИВИХ БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ, ВКЛЮЧАЮЧИ ЛЮДИНУ

ГЛАВА 2

*Істина може на якийсь час бути затемнена
оманами, але її світло рано чи пізно пробиває хмари.
- К.А. Гельвецій*

*Ніяково згадувати, скільки студентів ми
провалили з хімії за незнання того, що, як ми пізніше
з'ясували, виявилось неправдою...
- Р.Л. Вебер у книзі "Наука із посмішкою"*

*Все існуюче має підставу для свого існування.
- Г.В. Лейбніц*

Вступ. Комплементарний блок. Сучасні уявлення про будову атому: Стандартна модель фундаментальних взаємодій, будова ядра атома, електрон і система енергетичних рівнів атома. Квантово-механічні особливості будови атомів живих систем. Висновки з позиції системної медицини.

Вступ.

Оскільки фізика, як фундаментальна наука, займається вивченням загальних законів природи, простору, часу, будови і властивостей речовин та полів, то перехід від класичної механіки до квантової зі зміною парадигми на корпускулярно-хвильову електромагнітну модель світобудови не міг не позначитися на інших фундаментальних науках, які вивчають природу.

На сьогоднішній день зіставлення сучасного наукового знання фізики, хімії, біології у межах системного природознавства і системної медицини змінило взаємну сутність цих фундаментальних наук та зумовило виникнення нових розділів, таких як квантова хімія, фізико-хімічна біологія, а також зазначило необхідність їх подальшої трансдисциплінарної взаємодії.

Згідно із уявленнями класичної механіки, кожна частинка повинна рухатись за певною траєкторією і мати у певний момент часу фіксовані координати та імпульс. Після того як було відкрито властивість корпускулярно-хвильового дуалізму частинок (тобто будь-яка частка одночасно проявляє і властивості частинки, й властивості хвилі), стало зрозуміло, що класична механіка не здатна відобразити всіх властивостей частинки, і що об'єкт мікросвіту (електрони, протони, тощо) не можна охарактеризувати точно лише завдяки використанню параметрів його координат і імпульсу, а необхідно враховувати ще й його хвильову функцію. Ця проблема була вирішена у 1926 році фізиком Е. Шредінгером (*Erwin Rudolf*

Josef Alexander Schrödinger) шляхом розробки математичної хвильової моделі атома у вигляді хвильового диференціального рівняння:

$$\frac{d\psi}{dx} + \frac{2m}{\hbar}[E - U(x)]\psi(x) = 0$$

де E і $U(x)$ – це повна і потенційна енергії частинок відповідно, m – маса частинок, \hbar – постійна Планка, $\psi(x)$ – хвильова функція, що визначає поведінку хвиль матерії [24, 108].

Необхідність обліку хвильової функції змінила повністю погляд на мікрочастинку, на речовину і на організацію світу. Все це знайшло відображення у постулатах нового розділу фізики – квантової механіки.

З урахуванням хвильової функції саме головне і просте рівняння квантової механіки отримало епітет «витонченого» – «дивіться як просто влаштований світ», і має вигляд:

$$\hat{A}\psi = a\psi,$$

де \hat{A} – оператор параметру, ψ – хвильова функція, a – значення параметру, що фіксується в експерименті [24, 108].

Осмислення саме цього рівняння дало розгадку багатьох нерозв'язних із позицій класичної фізики проблем. Тепер стало зрозуміло, що якщо відомий точний вид хвильової функції, то різні фізичні характеристики частинки/молекули можуть бути отримані як власні значення операторів відповідних величин [4, 24].

Як уже зазначалося, зміна фізичного фундаменту із класичного на квантовий призвело до необхідності трансформації інших наук, які вивчають мікросвіт, і у першу чергу хімії. Всі об'єкти, що вивчаються хімією (іони, атоми, молекули, тощо) також мають властивості корпускулярно-хвильового дуалізму, а реакції між цими об'єктами (перетворення молекул реагентів у молекули продуктів) мають перебіг згідно до квантово-механічної моделі міжмолекулярного перенесення енергії і виявляються квантовими процесами (тобто енергія випромінюється/передається неподільними порціями – квантами). Базис квантової механіки дозволив пояснити фізичну природу хімізму, а саме:

- хімізм є результатом обмінної взаємодії електронів;
- хімічні зв'язки, які проявляють властивості валентних електронів, є внутрішніми силами, що об'єднують атоми у молекули;

- молекули представляють собою міцну квантово-механічну цілісність;
- електрон у такому випадку виглядає як електронна хмара, що розташована у полі дії атомного ядра.

Таким чином на сьогоднішній день хімія стала квантовою наукою. З урахуванням постулатів квантової механіки погляд на хімічну сполуку став більш широким поняттям. Під терміном «хімічна сполука» тепер мають на увазі речовину, атоми якої за рахунок обмінної взаємодії (хімічного зв'язку) об'єднані у частинки-молекули, комплекси, монокристали або інші агрегати. Завдяки застосуванню апарату квантової механіки у квантовій хімії з'явилася можливість теоретичного опису передбачення властивостей і реакційних здібностей атомно-молекулярних систем на основі вирішення диференціальних рівнянь із хвильовою функцією (рівняння Шредінгера), що і стало основним завданням теоретичної квантової хімії [4, 18, 24, 32, 108].

Комплементарний блок.

Сучасні уявлення про будову атому.

Для розуміння суті магнітоелектрохімічної концепції обміну речовин, у тому числі і у живих біологічних системах, включаючи людський організм, принципово важливе значення має знання організації та механізмів енергообміну мікрорівня/субатомарного і субклітинних рівнів макросвіту організації живої матерії. Мікросвіт у фізиці - це світ розміром менше атому, який функціонує за квантовими законами, на відміну від біологічного мікросвіту, який розглядає як мікросвіт - світ менше розміру біологічної клітини і який багато вчених-біологів, медиків поки продовжують розглядати із механістичних позицій класичної фізики (табл. 2.1).

Після парадигмального перевороту у фізиці ХХ століття, визнання корпускулярно-хвильового дуалізму матерії, створення квантової механіки у 60-70-х роках ХХ століття виникла необхідність перегляду поняття «фундаментальна/елементарна частинка» (оскільки в ХХ столітті було відкрито вже кілька десятків нових елементарних частинок, кількість виявлених частинок постійно збільшувалася) і створення нової теорії будови атому, здатної описати взаємодію всіх його частинок.

Табл. 2.1.

Масштабні розміри світових об'єктів (спрощена схема)

| Об'єкт світу | Розмір, см | Взаємодія | Інтервал | | |
|-----------------------|--------------|---|-------------------------------|-------------------------------|-----------|
| | | | | МІКРОСВІТ, у т.ч. наносвіт | МАКРОСВІТ |
| Бозони | $+10^{-28}?$ | Ядерне сильне, Ядерне слабке, електромагнітне | МІКРОСВІТ, у т.ч. наносвіт | | |
| Електрон | 10^{-18} | | | | |
| Ферміони | 10^{-23} | | | | |
| Адрони | 10^{-18} | | | | |
| Ядра атомів | 10^{-13} | | | | |
| Атоми | 10^{-8} | | | | |
| Молекули | 10^{-5} | | | | |
| Ядра, органели клітин | 10^{-3} | | | | |
| Клітини | 10^{-8} | <u>Електромагнітне</u> | МАКРОСВІТ | | |
| Тканини | 10^{-2} | | | | |
| Органи | 10^{-1} | | | | |
| Організм людини | 10^2 | | | | |
| Планети | 10^3 | | | | |
| Ядро зірки | 10^7 | | | | |
| Зірка | 10^{12} | | | | |
| Ядро галактики | 10^{17} | | | | |
| Галактика | 10^{22} | | | | |
| Мегагалактика | $+10^{27}?$ | | | | |
| | | | | Гравітаційне | МЕГАСВІТ |
| | | | | | |

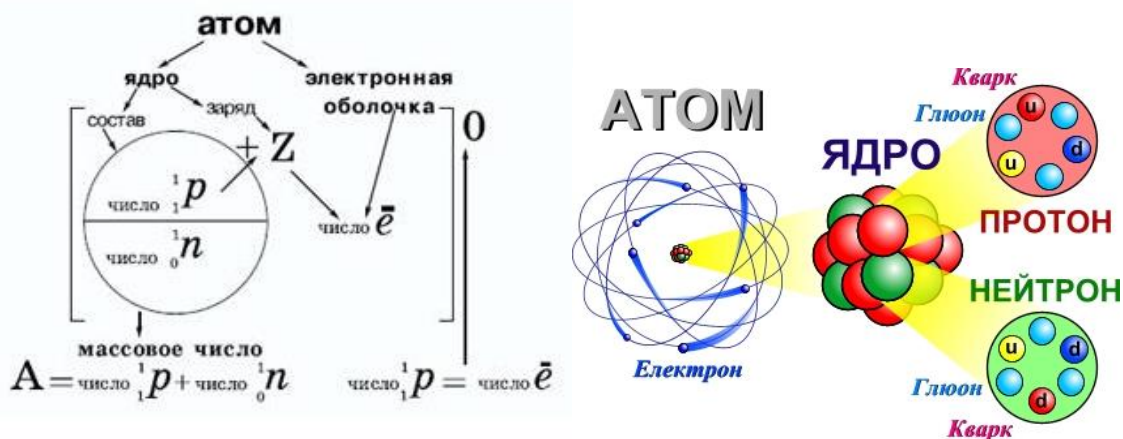
Примітка: ? – можлива відсутність повного знання.

Такою моделлю стала Стандартна модель фундаментальної взаємодії [3, 29, 35, 40, 58, 89, 109].

Сучасне наукове розуміння питання будови матерії обумовлено науково-експериментальним проникненням на її мікрорівень - 10^{-13} - 10^{-16} см.

Встановлено, що на мікрорівні речовина складається із молекул, молекули - із атомів, атом складається з ядра і хмар електронів навколо нього, які здійснюють куди складніші рухи, ніж просто обертання та які можна умовно розглядати як знаходження електрона у декількох місцях одночасно (принцип невизначеності).

Всі компоненти атому складаються із фундаментальних об'єктів: ферміонів, а саме із шести кварків і шести лептонів, які взаємодіють між собою за допомогою трьох сил: сильної ядерної, слабкої ядерної, електромагнітної взаємодій, переносниками яких є бозони (W , Z -бозони, глюони, гамма-кванти/фотони відповідно) - рис. 2.1.



- Рис. 2.1. Умовні схема і ілюстрація уявлень про будову атома із шкільного курсу фізики підручника за 10 клас із сайту <https://history.vn.ua/pidruchniki/>

Атом має розмір прядка 10^{-8} см.

- Атом складається із ядра і хмар електронів навколо нього, які здійснюють куди складніші рухи, ніж просто обертання.

- Маса атома зазвичай виражається в атомних одиницях.

Атомна одиниця маси (а.о.м.) - одиниця маси, що застосовується для вираження мас мікрочастинок.

За 1 а.о.м. прийнята $1/12$ частина маси атома вуглецю із масовим числом 12 (т. зв. вуглецева шкала).

$$1 \text{ а.о.м.} = 1,6605655 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

За атомну масу елемента, який складається із суміші ізотопів, приймають середнє значення атомної маси ізотопів із урахуванням їх процентного вмісту.

Атомна маса менше суми мас частинок (протонів, нейтронів, електронів), які складають атом, за величину, обумовлену енергією їх взаємодії (дефект маси) [15, 27, 39, 40].

- Сучасні уявлення про будову атома являють собою результат еволюції і комплексної взаємодії наукової думки кількох поколінь вчених і відштовхуються від планетарної моделі атома Е. Резерфорда (1911), доповненої постулатами фізика Н. Бора (1913) - феноменологічною моделлю Бора, уточненої квантовими механізмами - квантовою моделлю атома В. Гезенберга (1927), наочною квантовою моделлю Е. Шредінгера (1926), кварковою адронною моделлю будови ядра (60-ті роки ХХ століття) з узагальненням у сучасній концепції наукових поглядів взаємодії фундаментальних частинок - у Стандартній моделі фундаментальної взаємодії [1, 2, 15, 26, 39, 40].

- Гносеологічні моделі будови атому:

Модель Резерфорда-Бора.



Детальніше:

Гносеологія процесу еволюції поглядів стала розвиватися тому, що класична ядерна модель прекрасно пояснювала результати дослідів із вивчення розсіювання α -частинок, але у неї був істотний недолік - вона не забезпечувала пояснення властивості стабільності атомів. Відповідно до законів електродинаміки всякий заряд, що прискорено рухається, у тому числі

і електрон, що рівномірно рухається навколо ядра по колу, повинен витратити свою енергію на випромінювання, поступово наближатися до ядра, поки не впаде на нього. При цьому частота обертання електронів навколо ядра повинна змінюватися, а, отже, повинна змінюватися і частота випускання атомом випромінювання, а цього не відбувалося у реальності - атоми стійкі і стабільні. Н. Бор вирішив цю проблему, удосконаливши класичну модель атома, ввівши в теорію ідеї квантування і виділяючи при цьому деякі орбіти, дозволені для руху електрона. Очевидно було, що у правилах квантування повинна фігурувати квантова постійна Планка. І так як квант дії \hbar має розмірність моменту імпульсу, то Бор додав у теорію умову квантування моменту імпульсу, що рухається навколо ядра електрона. Теорія Бора не відкинула повністю закони класичної фізики при описі поведінки атомних систем, зберігши уявлення про орбітальний рух електронів у кулонівському полі ядра, але доповнила їх ідеєю про квантування електронних орбіт. Тому теорію Бора іноді називають напівкласичною. Пізніше було встановлено, що постулати Бора є наслідками квантової механіки. За роботи по дослідженню структури атомів і їх випромінювання у 1922 році М. Бору була присвоєна Нобелівська премія з фізики [1-3, 89].

- Згідно найпростішій моделі Резерфорда-Бора, атом представляв собою центральне позитивно заряджене ядро дуже малих розмірів ($\sim 10^{-12}$ см) із розподіленими навколо нього на великих відстанях ($\sim 10^{-8}$) електронами [1, 27, 39].

- Вся маса атома практично була зосереджена в ядрі, маса електрона була дуже мала [1, 26, 27, 39, 89].

- Перший постулат Бора отримав назву «*постулат стаціонарних станів*».

Основні положення: - атомна система може знаходитися лише у особливих стаціонарних або квантових станах, кожному із яких відповідає певна енергія E_n ; - у стаціонарних станах атом не випромінює; - перший постулат знаходиться у протиріччі із класичною механікою, згідно із якою енергія рухомого електрона може бути будь-якою; - він знаходиться у протиріччі також із електродинамікою, так як допускає можливість прискореного руху електронів без випромінювання електромагнітних хвиль; - атом характеризується системою енергетичних рівнів, кожен із яких відповідає певному стаціонарному стану: електрон може обертатися навколо ядра невизначено довго, не випромінюючи енергію, якщо на його орбіті укладається ціле число довжин хвиль де Бройля; - стійкі орбіти в атомі - це орбіти, радіуси яких r_n визначаються співвідношенням $m_e v r_n = n \hbar$; - кожна орбіта розташована на цілком певній відстані і характеризує енергетичний стан; - орбіта із найменшим радіусом відповідає найменшим значенням енергії і називається К - орбітою, за нею йде L- орбіта, M- орбіта і т.д.; - при русі електронів по цим орбітах атом знаходиться у стійкому стані; - випускання або поглинання атомом випромінювання відбувається лише

при переході електрона із однієї орбіти на іншу, причому частота ν , що випромінює, однозначно пов'язана із різницею енергій, які беруть участь у переході станів $\Delta E = h\nu$, де $h = 2\pi \hbar$; - механічна енергія електрона, який рухається по замкнутій траєкторії навколо позитивно зарядженого ядра, є негативною; - всім стаціонарним станам відповідають значення енергії $E_n < 0$; - при $E_n \geq 0$ електрон віддаляється від ядра (іонізація); - величина $|E_1|$ називається енергією іонізації, стан із енергією E_1 називається основним станом атому [2, 39, 40, 52].

- Другий постулат Бора був названий «**правило частот**».

Основні положення: - при переході атома із одного стаціонарного стану із енергією E_n у інший стаціонарний стан із енергією E_m випромінюється або поглинається квант, енергія якого дорівнює різниці енергій стаціонарних станів: $h\nu_{nm} = E_n - E_m$, - умова частот ν випромінювання при переході атома із одного стаціонарного стану (E_1) у інший (E_2): $\nu = (E_1 - E_2)/h$, де h - постійна Планка; - виходячи із цього можна розрахувати частоту випромінювання; - другий постулат суперечить електродинаміці Максвелла, так як частота випромінювання визначається лише зміною енергії атома і ніяк не залежить від характеру руху електрона [2, 39, 40].

- Першим атомом, до якого була застосована модель Бора, був атом водню. Атом водню є найпростішим, оскільки містить один єдиний електрон, який рухається по замкнутій орбіті у кулонівському полі ядра. У першому наближенні ядро атому можна вважати нерухомим, а електронні орбіти - круговими орбітами. На моделі орбіталей атома водню бачимо, що випромінювання або поглинання кванта випромінювання відбувається при переході атома із одного стаціонарного стану у інший, при цьому частота ω випромінювання атома визначається різницею енергій атома у двох стаціонарних станах (рис. 2.2) [1, 2, 39, 40].

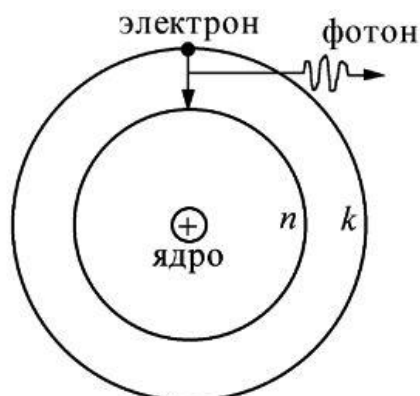


Рис. 2.2. Модель атома водню Бора [49].

Електрон у атомі водню відповідно до моделі Бора, обертається навколо ядра, що не випромінює енергію, якщо на його орбіті укладається ціле число довжин хвиль де Бройля λ :

$$n\lambda = 2\pi r_n, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Різним дозволеним орбітам n відповідають різні енергії електронів E_n :

$$E_n = -\frac{me^4}{2\hbar^2 n^2} = -\frac{13.6 \text{ eB}}{n^2}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Радіус першої Боровської орбіти атома водню $r_1 \approx 0,53 \cdot 10^{-8}$ см. Електромагнітна взаємодія електронів і атомних ядер у атомі водню визначає енергію зв'язку та розміри атомів, розміри молекулярних структур. Боровська теорія атома водню прекрасно узгоджувалася із експериментом. Це стало слугувати вагомим аргументом на користь її справедливості. Схеми орбіти атома водню і рівнів енергетичного спектра атома водню моделі Бора представлені на рис. 2.3 і 2.4 відповідно [5, 24, 26, 27, 49].

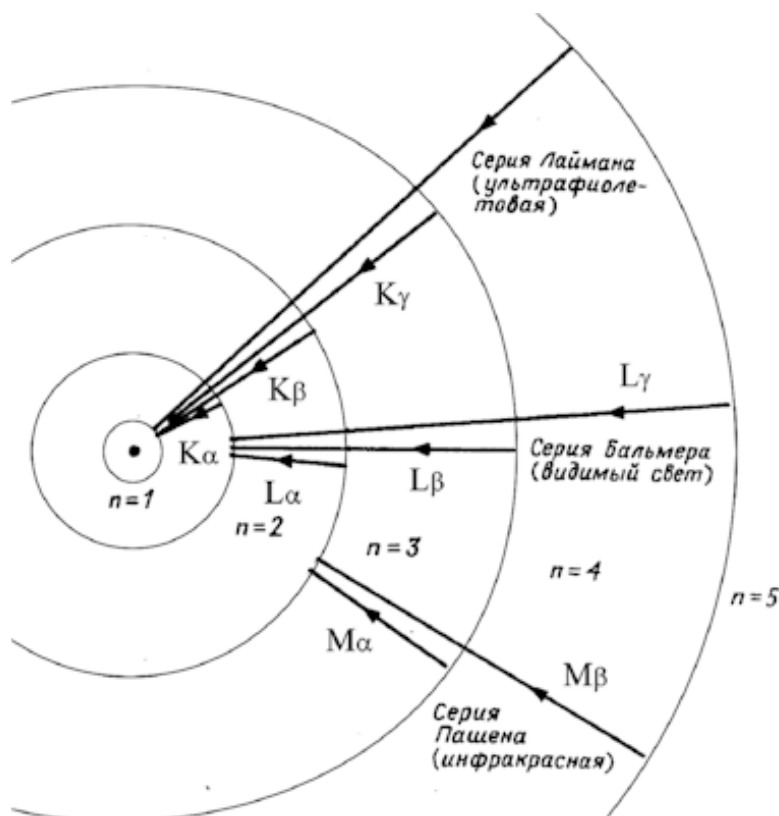


Рис. 2.3. Схеми орбіти атома водню [49].

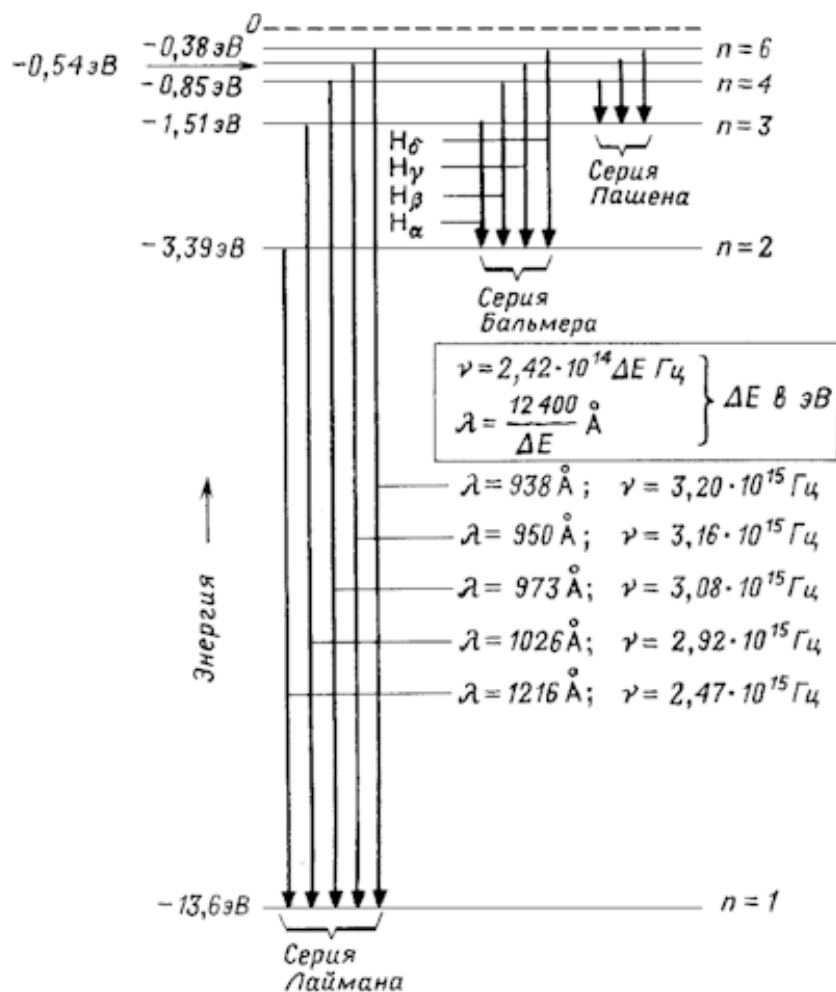


Рис. 2.4. Схема рівнів енергетичного спектра атома водню [49].

Правильність моделі атома Бора була підтверджена Г. Мозлі шляхом вимірювання довжини хвиль характеристичного рентгенівського випромінювання. Відповідно до моделі Бора, енергія електронів на першій Боровській орбіті атома повинна бути пропорційною квадрату заряду ядра:

$$E_n = -\frac{13,6 Z^2}{n^2} \text{ эВ}, \quad n = 1.$$

Г. Мозлі припустив, що енергія рентгенівського фотона також повинна залежати від квадратів заряду атомного ядра. Так як електрони внутрішніх оболонок атома екрановані від зовнішніх електронів, то їх енергії не повинні залежати від складних взаємодій електронів зовнішніх оболонок атома, відповідальних за оптичні спектри атомів. Вимірявши характеристичні спектри близько 50 хімічних елементів, Г. Мозлі отримав залежність квадратного кореня частоти ν характеристичних рентгенівських ліній від заряду ядра Z . Ця залежність називається графіком Мозлі [3, 5, 24, 26, 27, 49].

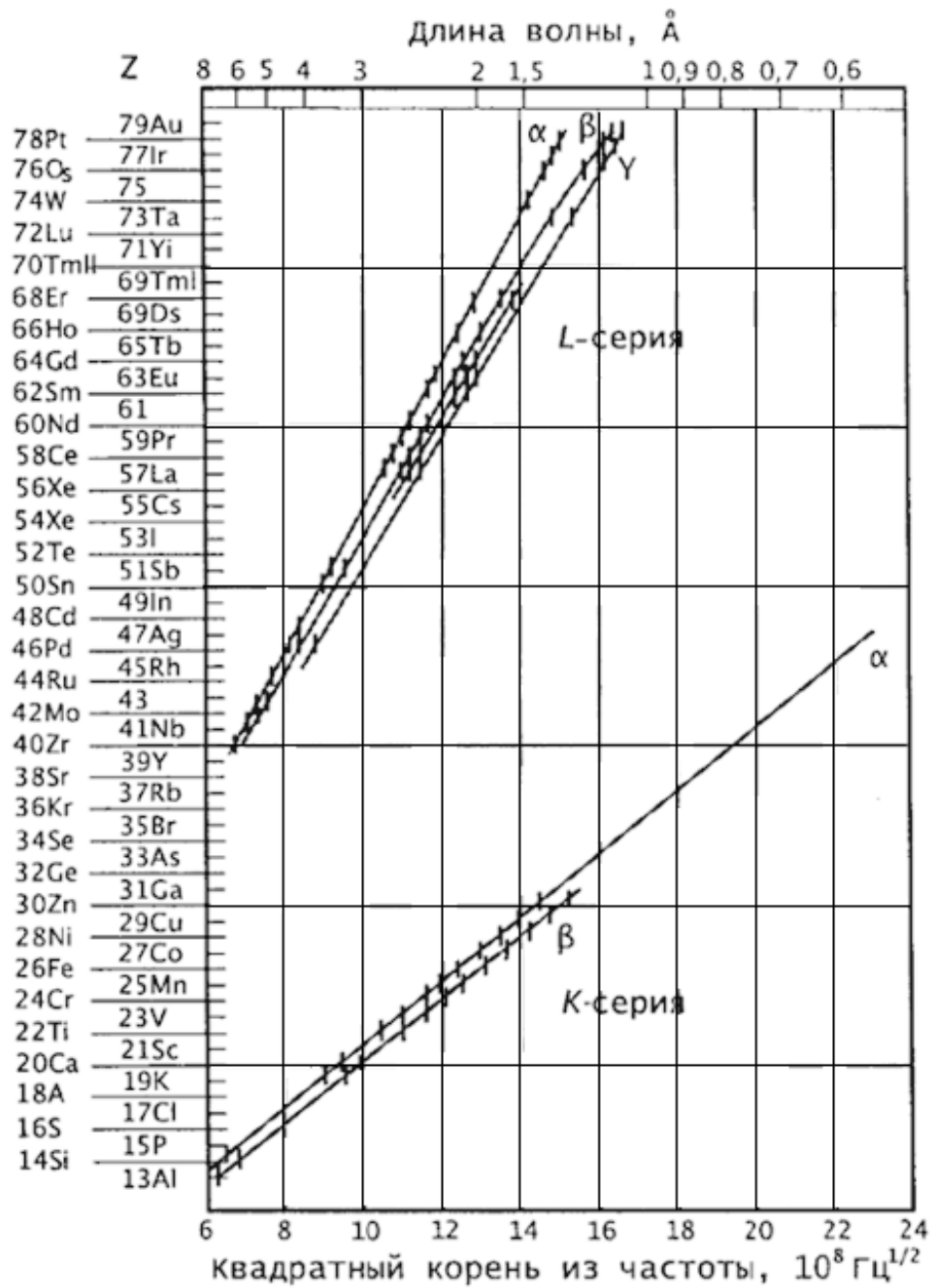


Рис. 2.5. Графік Мозлі [49].

Отримані залежності добре апроксимуються лінійною функцією:

$$\sqrt{\frac{\nu}{R}} = \frac{Z - s_n}{n},$$

де R - постійна Рідберга, s_n - постійні екранування для кожної лінії характеристичного рентгенівського спектра.

Якщо у К-оболонці атома ($n=1$) виникає вакансія, то вона буде заповнюватися за рахунок переходів електронів із більш високо розташованих оболонок $n=2, 3$. Переходу із цих оболонок відповідає К-серія. Перехід $n=2 \rightarrow n=1$ має мінімальну енергію. Цю лінію називають K_α . Переходу $n=3 \rightarrow n=2$ відповідає лінія К і т.п. Переходи на вакансію у оболонці $n=2$ утворюють L-серію і, відповідно, лінії $L_\alpha, L_\beta, L_\gamma$. Зокрема, для частоти К-серії характеристичного випромінювання:

$$\nu = cR(Z-1)^2(1 - 1/n^2).$$

Та обставина, що частота ν пропорційна Z , а не $(Z-1)^2$ пояснюється частковим екрануванням заряду ядра залишковими електронами К-і L-оболонки. Часто використовується також величина Рідберга - R_y . $1R_y = R \cdot hc = 13,6$ еВ. Н. Бор розрахував постійну Рідберга (1913), використовуючи відомі у той час значення констант m - маса електрона, e - заряд електрона, c - швидкість світла і h - постійну Планка та отримав прекрасний збіг із величиною, отриманою на основі спектроскопічних вимірювань. Це значною мірою також сприяло визнанню атомної моделі Бора. Однак у такому вигляді вона не підходила для трактування більш складних молекул. Бор не зміг дати фізичну інтерпретацію правилу квантування. Модель атома Бора була спробою примирити уявлення класичної фізики із законами квантового світу і стала основою для подальшого розвитку знань ядерної фізики [3, 5, 24, 26, 27, 49].

Хвильова модель електронної оболонки атома Е. Шредінгера.



Детальніше:

- 20-ті роки ХХ століття - на зміну моделі Бора прийшла хвильова модель електронної оболонки атома Е. Шредінгера. До цього часу було експериментально встановлено, що електрон має властивості не лише частинки, але й хвилі - корпускулярно-хвильовий дуалізм матерії. Шредінгер застосував до електрону-хвилі математичні рівняння, що описують рух хвилі у тривимірному просторі. За допомогою цих рівнянь розраховується не траєкторія руху електрона всередині атома, а *ймовірність* знайти електрон-хвилю у тій чи іншій точці простору навколо ядра. Спільне у хвильовій моделі Шредінгера і планетарної моделі Бора полягає у тому, що електрони в атомі існують на певних рівнях, підрівнях і орбіталах. В іншому ці моделі відрізняються: - у хвильовій моделі орбіталь - це простір близько ядра, в якому можна виявити електрон, який її заселив із імовірністю 95%, а за межами цього простору ймовірність зустріти такий електрон становить менше 5%. Отримані за допомогою математичного розрахунку такі "ділянки ймовірності" знаходження в електронній хмарі s- і p-електронів зараз відомі фундаментальній науці як *електронні орбіталі атомів* або *електронна будова*

атома - так звана орбітальна модель будови атома (Г. Уайт, 1931) [4, 18, 49, 88].

Таким чином, відповідно до принципу невизначеності електрон не відображається у вигляді точки в якийсь момент його знаходження, а математично обчислюється і графічно візуалізується у всій зоні його максимально можливого знаходження навколо ядра. Ця модель введена у діючі підручники з хімії (рис. 2.6) [4, 7, 12].

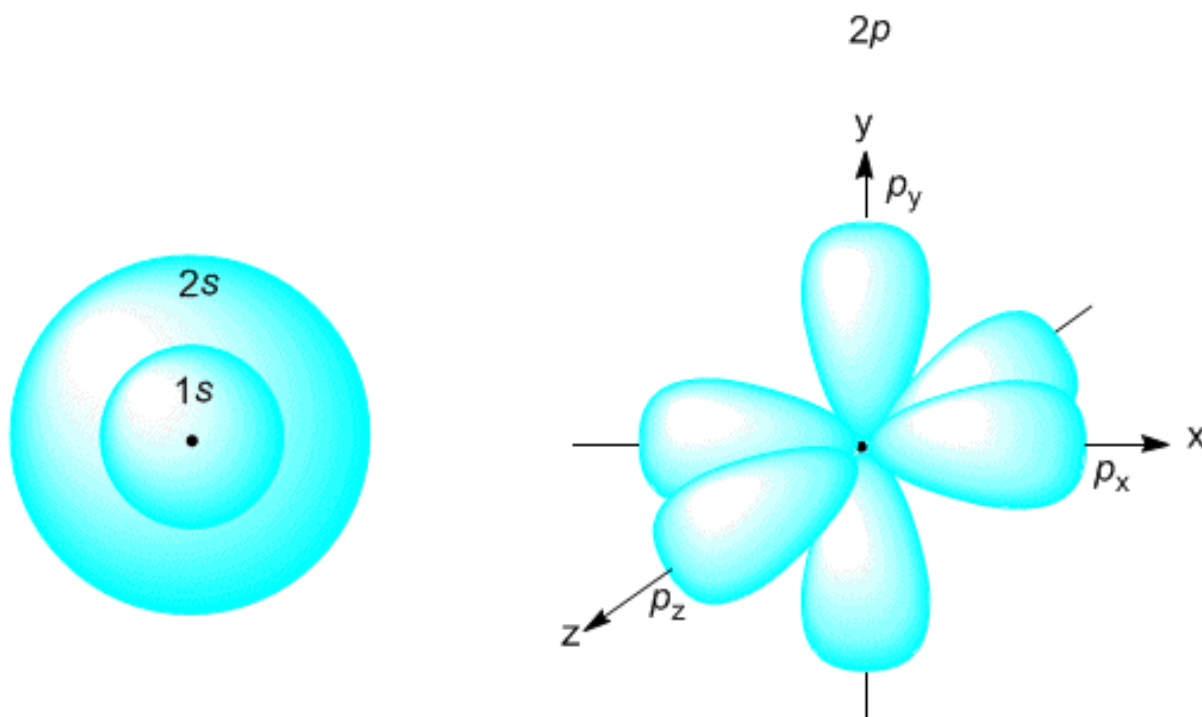


Рис. 2.6. Ілюстрація хвильової моделі атомів з s- і p-орбіталей*, тобто відповідно кулястої і гантелевидної форми "ділянок ймовірності" знаходження їх електронів [40].

* - Важливо розуміти, що орбіталь - це суто математичний рівень опису мікрооб'єктів, це функція декартових координат електрона, тобто вектора з координатами x , y , z , яка не має самостійного фізичного сенсу (сенса має лише її квадрат, а якщо хвильова функція комплексна, то квадрат її модуля), що визначає ймовірність знайти електрон в даній ділянці простору, а зображувані в підручниках "орбіталі" - це ілюстрації графіків математичної функції для вирішення рівняння Шредінгера в одноелектронному наближенні, але ні в якому разі не фізичний (матеріальний) об'єкт [20, 23, 40, 48].

Кільцегранна модель будови атома Снелсона.



Детальніше:

- У 1961 році була запропонована кільцегранна і хвилюгранна моделі будови атома архітектором К. Снелсоном (США). Пізніше російським педагогом Д. Кожевниковим у освітніх цілях були сконструйовані їх об'ємні моделі. Електрони в атомній моделі Снелсона мають кільцеву форму і формують сферичні електронні оболонки, що складаються із дотичних електронних кілець ("circle-sphere"). Моделі таких «циклосфер» Снелсон побудував із феритових кільцевих магнітів. Якщо їх розташувати на поверхні сфери, то при чергуванні напрямку магнітного поля краї суміжних магнітів притягуються один до одного, і їх зовнішні площини утворюють багатогранні (кільцегранні) оболонки (рис. 2.7) [20, 47, 102].

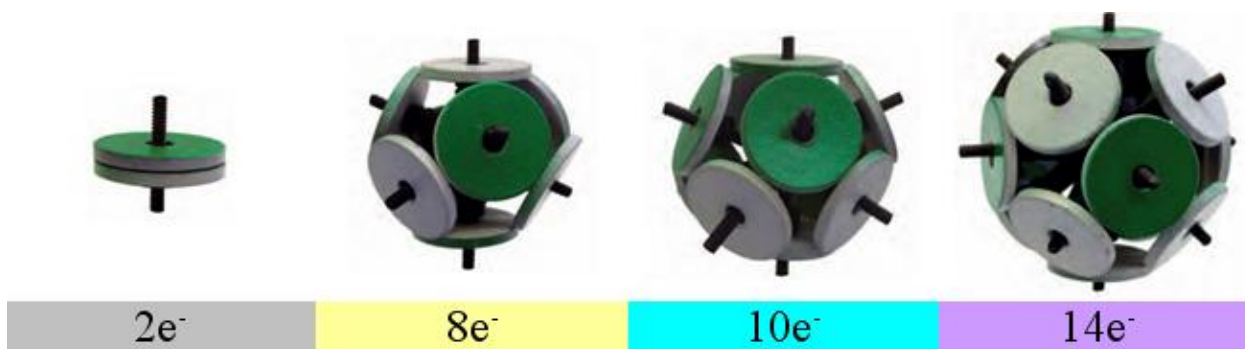


Рис. 2.7. Ілюстрація магнітних моделей електронних оболонок Снелсона [47].

Основні положення: - за основу було взято базове положення, що єдиний можливий стан електрона в атомі - це його рух по колу; - відповідно немає ніяких гантелей р-орбіталей і р-електронів, як і немає наступних d-, f-, g-станів електрона, і d-, f-, g-орбіт, а атомна орбіта будується із кілець, по яких рухаються електрони; - в атомі водню міститься лише одне електронне кільце, що є простим й вірним рішенням, і в орбітальній моделі, яка є сумісною з усіма розрахунками та сучасними уявленнями про s-електрон - цей єдиний електрон обертається по колу навколо ядра, яке знаходиться в центрі цього кола і це кільце може вільно обертатися навколо ядра, утворюючи сферу; - в атомі гелію перший електронний рівень доповнюється другим, який представляє собою паралельно розташоване кільце із протилежним першому напрямком руху електрона, яке необхідно для компенсації магнітного моменту, який виникає під час руху першого електрону; - в атомах другого періоду періодичної системи елементів перший рівень електронів займає ближчу до ядра систему із двох s-кілець, а всі наступні у міру збільшення заряду ядра займають

стабільну 8-кільцеву конструкцію, яка може вільно обертатися навколо ядра - центру симетрії; при цьому кільця переходять один у одне, тому напрямок рухів електронів у сусідніх кільцях протилежний, а в місцях їх з'єднання збігається і зливається у загальний потік. На орбіті навколо ядра, таким чином, існує 4 парних розташованих один проти одного кільця, в яких потік електронів є односпрямованим; - траєкторія руху електрона по периметру всього рівня 8-, 18- і 32-електронних орбіт виглядає хвилеподібною, і, з огляду на корпускулярно-хвильовий дуалізм частинок мікросвіту, цей процес можна описати терміном «стояча хвиля»; - за наявності на орбіті одного електрона лише він рухається за всіма кільцям, переходячи із одного кільця на інше; - при розташуванні на орбіті декількох електронів вони можуть локалізуватися по одному електрону на одне кільце і не більше; - велика вірогідність або розташування декількох електронів у будь-якому із восьми кілець рівня, що обумовлено необхідністю постійного збереження максимально повної компенсації моменту атома і симетрії електромагнітних моментів, які відбуваються у такій конструкції автоматично; - заповнення електронами всього рівня орбіти створює для кожного окремого електрону можливість тривалий час перебувати в ідеальних для себе умовах кругового руху в межах одного кільця безо всяких флуктуацій, і тоді хімічні властивості атома стають інертними; - другий 8-електронний рівень утворюється на певній відстані від першого, при цьому збільшується радіус атома, а кільця обох рівнів розташовуються один проти одного, із протилежним напрямком руху електронів, що забезпечує повну магнітну компенсацію атому, тощо; - перехід електрона із близької орбіти до віддаленої від ядра орбіти супроводжується втратою ним енергії і випромінюванням кванта світла – фотону [20, 47, 102].

За теорією Снелсона стійкі поєднання магнітів відповідають чотирьом основним типам заповнених оболонок атомів, побудованих із кільцевих електронів:

- перший тип ($2e^-$) відповідає гелію, атомний радіус якого дорівнює 31 pm;
- другий тип ($8e^-$) характерний для благородних газів, замикаючих періоди в таблиці Менделєєва (Ne - 38 pm; Ar - 71 pm; Kr - 88 pm; Xe - 108 pm; Rn - 120 pm).
- більш заповненими оболонками ($10e^-$) володіють елементи підгрупи нікелю (Ni - 149 pm; Pd - 169 pm; Pt - 177 pm).
- оболонка з 14 електронів може формуватися у лантанодів (Er - 226 pm) і, можливо, у актиноїдів.

При цьому групування хімічних елементів за типами зовнішніх електронних оболонок атомів відображає їх розподіл на малі ($8e^-$) і великі ($10e^- + 8e^-$ або $14e^- + 10e^- + 8e^-$) періоди таблиці Менделєєва (рис. 2.8) [47].

| Номер періода | Номер оболочки | Кількість електронів на зовнішній оболочці атома | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1 | 1 | H | He | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 2 | Li | Be | B | C | N | O | F | Ne | | | | | | |
| 3 | 3 | Na | Mg | Al | Si | P | S | Cl | Ar | | | | | | |
| 4 | 4 | K | Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | | | | |
| | 5 | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr | | | | | | |
| 5 | 6 | Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | | | | |
| | 7 | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I | Xe | | | | | | |
| 6 | 8 | Cs | Ba | La | Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er |
| | 9 | Tm | Yb | Lu | Hf | Ta | W | Re | Os | Ir | Pt | | | | |
| | 10 | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn | | | | | | |
| 7 | 11 | Fr | Ra | Ac | Th | Pa | U | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm |

Рис. 2.8. Таблиця Менделєєва із розподілом періодів за Снелсоном [47].

Переваги моделі: - виходячи із такого уявлення про будову електронних оболонок атома, легко пояснюються і передбачаються характерні властивості елементарних і складних хімічних частинок - атомів, молекул та іонів; - у межах періоду (горизонтальний рядок періодичної системи елементів) атомний радіус зменшується зліва направо, тому що зростає заряд ядра і т.п.; - на відміну від атомів молекули завжди створюють спарені кільцеві електронні орбіти - цим можна пояснити, що в природі переважають молекули, а не атоми (недостатня заповнюваність електронами енергетичних рівнів одиничного атома спонукає його до об'єднання з іншими атомами для взаємного досягнення ідеальної електронної конфігурації і при цьому одне із електронних кілець атома вбудовується у кільце 8-кільцевого рівня іншого атома); - водневий зв'язок, який існує між молекулами, в складі яких є атоми водню і атоми елемента другого періоду (вуглець, азот, кисень), являється по суті магнітним зв'язком на певній відстані між молекулами - між кільцями із некомпенсованим магнітним моментом; - із позиції кільцеградної/хвилеградної моделі будови атома легше пояснити відсутність випромінювання, яке повинно виникати при круговому прискоренні. Це так оскільки: (1) відбувається взаємне гасіння виникаючих електромагнітних хвиль від електронів сусідніх кілець, за якими електрони обертаються у різних фазах; (2) постійне повернення електрона при русі по колу на те ж місце протягом безмежно довгого часу не повинно викликати жодних змін, як назвні, так і всередині такої системи, у тому числі випромінювання; (3) рівномірний поступальний рух електрона по прямій є окремим випадком кругового руху із радіусом, наближеним до нескінченності; (4) цією моделлю будови атома можливе проведення трансдисциплінарності аналогії руху

електрона при відсутності зовнішнього впливу, по орбіті з поверненням у початкову точку траєкторії і рухом космічних тіл/планет у Всесвіті. Зазначена модель продовжує розглядатися як перспективна [6, 9, 47].

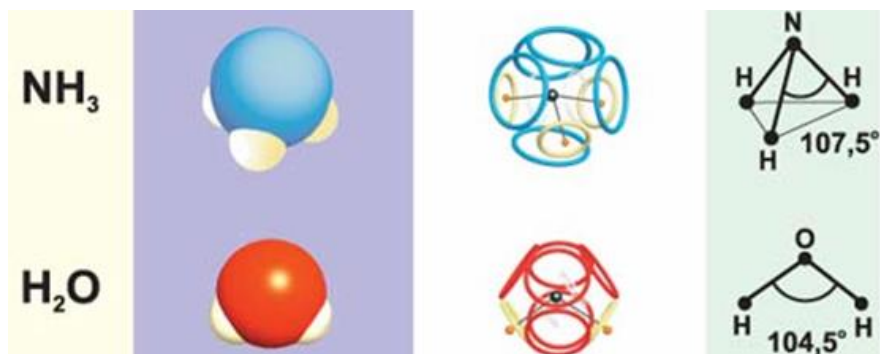


Рис. 2.9. Порівняння моделей будови молекул аміаку і води [47] .



Рис. 2.10. Кільцегранні моделі основні 2D- і 3D-форми вуглецю [47].

МОДЕЛИ СТРОЕНИЯ АТОМА

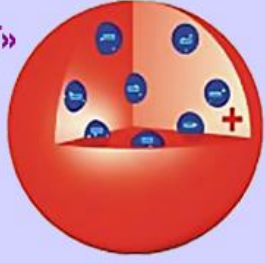

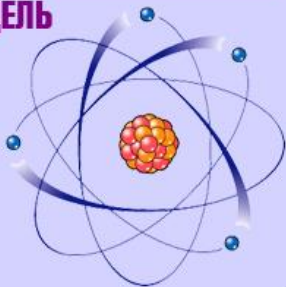
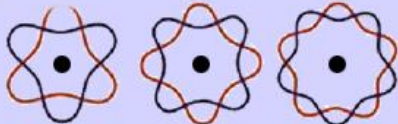


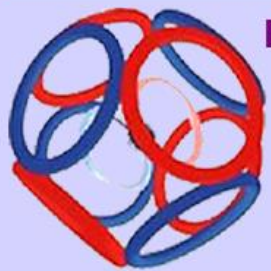
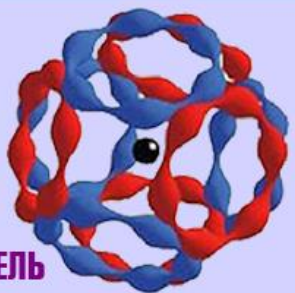
| | |
|--|--|
| <p>МОДЕЛЬ «СЛИВОВЫЙ ПУДИНГ» Дж. Дж. Томпсон (1903г.)</p>  | <p>ЯДЕРНАЯ МОДЕЛЬ Э. Резерфорд (1911г.)</p>  |
| <p>ПЛАНЕТАРНАЯ МОДЕЛЬ Э. Резерфорд – Н. Бор (1913г.)</p>  | <p>ВОЛНОВАЯ МОДЕЛЬ Эл. де Бройль (1924г.)</p>  |
| <p>КВАНТОВО–МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ Э. Шредингер (1926г.)</p>  | <p>ОРБИТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ Г. Уайт (1931г.)</p>  |
| <p>КОЛЬЦЕГРАННАЯ МОДЕЛЬ К. Снельсон (1963г.)</p>  | <p>ВОЛНОГРАННАЯ МОДЕЛЬ</p>  |

Рис. 2.11. Ілюстрація еволюції поглядів на будову атома з сайту <https://www.bb.edu.gov.kg>

Стандартна модель фундаментальної взаємодії.

■ Стандартна модель – це діюча модель сучасного наукового уявлення [3, 26, 29, 56, 57, 92]:

- це визнана наукою сучасна теоретична конструкція у фізиці елементарних частинок, що описує електромагнітну, слабку і сильну взаємодію всіх елементарних частинок;

- це сучасна теорія будови і взаємодій елементарних частинок, багаторазово перевірена експериментально, яка базується на невеликій кількості постулатів і дозволяє теоретично передбачати властивості тисяч різних процесів у світі елементарних частинок;

- це квінтесенція теоретичної обробки численних експериментів у вигляді математичного запису в фундаментальних рівняннях руху матерії;

- це та межа, яка відокремлює достовірно відоме від гіпотетичного у світі елементарних частинок;

- це відкрита частина якоїсь більш глибокої теорії будови мікросвіту, яку сучасна фундаментальна наука (так звана «нова фізика») ще повинна буде сформулювати в майбутньому.

■ *Основні компоненти Стандартної моделі* [3, 26, 29, 61, 62, 91]:

- робочий інструмент Стандартної моделі - квантова теорія поля;

- ключові об'єкти Стандартної моделі - точкові об'єкти без внутрішньої структури/квантові поля: електронне, мюонне, електромагнітне, кваркове і т.п. відповідно кожній субодиноці мікросвіту (але не «частинки», як у класичній механіці, і не «частинки-хвилі», як у квантовій механіці);

- при цьому і вакуум, і те, що нами сприймається як окремі частинки, і більш складні утворення, які не можна звести до окремих частинок,

- все це описується, як різні стани полів (тобто сучасна фізика під терміном «частинка», має на увазі саме стан поля, а не окремий точковий об'єкт);

- у Стандартної моделі розрізняють дванадцять точкових об'єктів без внутрішньої структури/квантові поля, які називаються *ферміонами*.

■ *Розрізняють ферміони* [17, 22-24, 49, 91, 92]:

(1) три покоління точковоподібних кварків - 6 кварків (u, d, s, t, b);

(2) три покоління лептонів - 6 лептонів (e^- , μ^- , τ^- , ν_e , ν_μ , ν_τ).

Таблиця 2.2.

Стандартна модель: класифікація ферміонів за поколіннями і родинами

| Родина ферміонів | Покоління | | | Заряд |
|------------------|-----------|-----------|------------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| Лептони | ν_e | ν_μ | ν_τ | 0 |
| | e | μ | τ | -1 |
| Кварки | u | c | t | +2/3 |
| | d | s | b | -1/3 |



Детальніше:

Особливості: - кварки сильно взаємодіють між собою і «замкнені» усередині більш складних частинок - адронів; - кожен з 6 типів кварків може перебувати в трьох колірних станах (наприклад, червоний, зелений, синій). Кварки і лептони є ферміонами і мають спіні $J=1/2$; дванадцяти фундаментальним ферміонам відповідають дванадцять антиферміонів.

Кварки діляться на дві групи [17, 22-24, 49, 87, 103]:

(1) верхнього типу з зарядом $+2/3$ - верхній, зачарований, істинний кварки;

(2) нижнього типу з зарядом $-1/3$ - нижній, дивний, чарівний кварки; - істинний і чарівний - це найбільші кварки, верхній і нижній - це найменші кварки; - «аромати» кварків - це назви кварків.

Позначення кварків походять від англійських слів: *up, down, strange, charm, bottom, top*.

Кваркова модель була запропонована у той час, коли були відомі лише так звані легкі адрони, тобто адрони, які складаються лише із легких кварків - u, d і s.

Кваркова модель відразу дозволила систематизувати дані адронів, дала можливість зрозуміти структуру вже відомих на той час частинок, передбачити ряд невідомих у той час адронів.

Основні положення: - всі адрони можна розбити на два великі класи; - перший клас - баріони (баріони - це ферміони із напівцілим спіном), які складаються із трьох кварків; - другий клас - це мезони (мезони - бозони з цілим спіном); - нуклони є найлегшими баріонами; - протон складається з двох u-кварків і одного d-кварка ($p=uud$), нейтрон - із двох d-кварків і одного u-кварка ($n=ddu$); - нейтрон важче протона, оскільки d-кварк важче u-кварка; - баріони, які складаються не тільки з u- і d-кварків, називаються гіперонами; - найлегший з гіперонів - Λ -гіперон, який складається із трьох різних кварків: $\Lambda=uds$; - найбільш легкі із мезонів - π -мезони, або піони: π^+, π^-, π^0 ; - кваркова структура заряджених піонів є простою: $\pi^+=u\bar{d}$, $\pi^-=d\bar{u}$; - нейтральний піон - це

лінійна комбінація станів $u\bar{u}$ і $d\bar{d}$: частину часу він проводить у стані $u\bar{u}$, частину - у стані $d\bar{d}$; із однаковою ймовірністю π^0 -мезон можна застати в

кожному із цих станів $\pi^0 = \frac{1}{\sqrt{2}}(u\bar{u} - d\bar{d})$; - маси π^+ - та π^- -мезонів (ці мезони являються взаємними античастинками) рівні приблизно 140 MeV; маса π^0 -мезона (π^0 -мезон подібно фотону істинно нейтральний) дорівнює приблизно 135 MeV [21, 38, 49, 56, 57, 87].

- Наступні у порядку зростання мас мезони - це K-мезони, які мають масу приблизно 500 MeV.

K-мезони містять s-кварки:

$$K^+ = u\bar{s}, K^0 = d\bar{s}, K^0 = s\bar{d}, K^- = s\bar{u}.$$

- K^+ - і K^- - мезони являються античастинками по відношенню один до одного. Аналогічне характерне і до K^0 - і K^0 -мезонів, які, таким чином, не є істинно нейтральними частинками. Очевидно, що із трьох кварків (u, d, s) і трьох антикварків (\bar{u} , \bar{d} , \bar{s}) можна побудувати дев'ять різних станів [38, 49, 56, 57]:

$$u, u, u, d, d, d, s, s, s, u\bar{u}, u\bar{d}, u\bar{s}, d\bar{u}, d\bar{d}, d\bar{s}, s\bar{u}, s\bar{d}, s\bar{s}..$$

- Сім із цих дев'яти станів (три для π -мезонів і чотири для K-мезонів) вже розглянуті; два, які залишилися, представляють собою суперпозиції - лінійні комбінації станів $u\bar{u}$, $d\bar{d}$ і $s\bar{s}$.

Маса однієї із двох частинок - маса η -мезона - дорівнює 550 MeV, а маса η' -мезона дорівнює 960 MeV;

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{6}}(u\bar{u} + d\bar{d} - 2s\bar{s}),$$

$$\eta' = \frac{1}{\sqrt{3}}(u\bar{u} + d\bar{d} + s\bar{s}). \quad [38, 49].$$

- Подібно до π^0 -мезонів, η - і η' -мезони є істинно нейтральними частинками. Дев'ять мезонів, які були розглянуті, мають нульовий спіні: $J = 0$. Кожен з цих мезонів складається з кварка і антикварка, що мають нульовий орбітальний момент: $L=0$. Спіни кварка і антикварка дивляться назустріч один одному, так що їх сумарний спіні також дорівнює нулю: $S=0$. Спіні мезону J є геометричною сумою орбітального моменту кварків L і їх сумарного спіна S :

$$J=L+S.$$

В даному випадку сума двох нулів, природно, дає нуль. Кожен із обговорюваних дев'яти мезонів - найлегший у своєму роді.

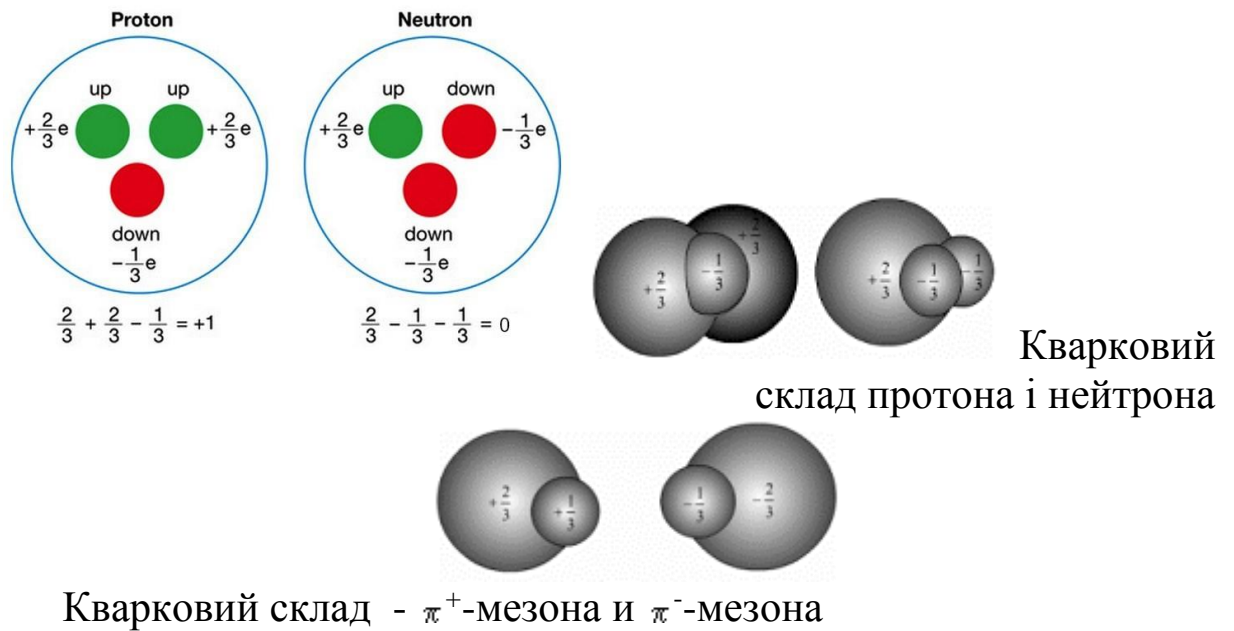


Рис 2.12. Схема і ілюстрація уявлень про кваркову будову протона, нейтрона, мезона [38].

- Мезони, у яких орбітальний момент кварка і антикварка, як і раніше дорівнює нулю, $L=0$, але спіни кварка й антикварка паралельні, так що $S=1$ і, отже, $J=1$. Такі мезони утворюють більш важку дев'ятку:

| | | | |
|--------------------------|------------------------------------|------------|----------|
| ρ^+, ρ^-, ρ^0 | $K^{*+}, K^{*0}, K^{*-}, K^{*0}$, | ω^0 | ϕ^0 |
| 770 MeV | 892 MeV | 783 MeV | 1020 MeV |

- Відомі численні мезони, у яких $L \neq 0$ і $J > 1$.

- Баріони побудовані з u-, d- і s-кварків. Орбітальні моменти трьох кварків в нуклонах дорівнюють нулю, і спін нуклона J дорівнює геометричній сумі спинів кварків. Так, наприклад, спіни двох u-кварків в протоні паралельні, а спін d-кварка дивиться в протилежну сторону. Так що у протона $J=1/2$.

- Згідно до кваркової моделі, протон, нейтрон, Λ -гіперон і ще п'ять інших гіперонів утворюють октет (вісімку) баріонів з $J=1/2$; а баріони з $J=3/2$ утворюють декуплет (десятку):

| | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|--|----------|
| ddd | udd | uud | иии | $\Delta^- \Delta^0 \Delta^+ \Delta^{++}$ | 1232 MeV |
| dds | uds | uus | | $\Sigma^- \Sigma^0 \Sigma^+$ | 1385 MeV |
| dss | uss | | | $\Xi^- \Xi^0$ | 1530 MeV |
| sss | | | | Ω^- | 1672 MeV |

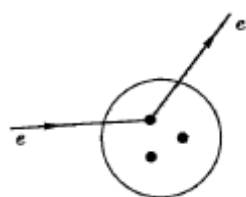
[38, 49].

- *Питання виявлення кварків*: якщо всі адрони складаються із кварків, то повинні існувати і вільні кварки, які володіють дробовими електричними зарядами та які можна виявити. Але вільні кварки не знайдено і вважають, що це неможливо внаслідок явища конфайнменту.

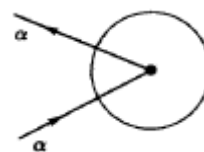


Детальніше:

До сьогоднішнього дня питання не вирішене і повторення дослідів по нейтралізації дрібного заряду у «краплях масла» на сучасному технічному рівні кварки виявити не дав. До негативного результату привело проведення точного мас-спектроскопічного аналізу води, який дав верхню межу для відношення числа вільних кварків до числа протонів порядку 10^{-27} . Пошук вільних кварків продовжується серед материкових порід, відкладень на дні океану, у місячному ґрунті. Продовжує існувати науковий парадокс: усередині адронів кварки, існують, що підтверджено: (1) логічністю кваркової систематики адронів; (2) прямим "просвічуванням" нуклонів високоенергійними електронами (глибоко-непружного розсіяння), яке продемонструвало, що всередині адронів електрони розсіюються на точкових частинках з зарядами, рівними $+2/3$ і $-1/3$, і спіном, рівним $1/2$, при цьому електрон різко змінює свої імпульс і енергію, віддаючи значну їх частину кварку; (3) появою дробових зарядів кварків в народженні струменів адронів в анігіляції e^+e^- при високих енергіях, - але «вирвати» кварки з адронів неможливо. Це явище отримало визначення - конфайнмент (англ. *confinement* - утримання), згідно із яким вважається, що кварк, який отримав енергію в результаті зіткнення із електроном, не вилетить із нуклона як вільна частинка, а розтратить свою енергію на утворення кварк-антикваркових пар, тобто на утворення нових адронів, в основному – мезонів [38, 61, 62, 87, 88, 101].



Розсіювання електрона на одному з трьох кварків протона



Розсіювання α -частинки на ядрі атома

Рис. 2.13. Схема конфайнменту і розсіювання енергії частинок [38].

В алегоричному сенсі спроба розбити який-небудь мезон на його складові - кварк і антикварк, схожа на спробу розламати стрілку компаса на південний і північний полюси: зламавши стрілку, ми отримуємо замість

одного магнітного диполя - два; - «поламавши» мезон, ми отримаємо два мезона, а енергія, яку ми витратимо на те, щоб розтягнути вихідні кварк і антикварк, піде на створення нової пари антикварк плюс кварк, які утворюють з вихідними два мезона [28, 38. 61].

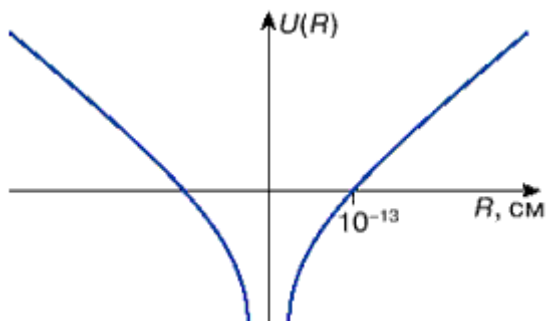


Рис. 2.14. Ілюстрація залежності потенційної енергії взаємодії кварка з антикварком від відстані між ними [38].

- Теорія взаємодій кварків всередині адронів була названа *квантовою хромодинамікою*.



Детальніше:

Основні положення: - взаємодія кварків здійснюється за допомогою обміну особливими частками - *глюонами* (від англ. *glue* - *клей*); - глюони "склеюють" кварки в одне ціле; - глюони мають спин рівний одиниці, позбавлені електричного заряду і не мають маси спокою.

У разі електромагнітної взаємодії силові лінії розходяться від їх джерела - електричного заряду віялом, бо віртуальні фотони, випущені одночасно джерелом, не взаємодіють один із одним, а глюони сильно взаємодіють один з одним і в результаті замість віяла з силових ліній утворюється джгут, протягнутий між кварком і антикварком; - глюони, маючи кольорові заряди, стають джерелами нових глюонів, число яких зростає в міру їх віддалення від кварка, що відповідає залежності потенційної енергії взаємодії між кварками від відстані між ними [21, 28, 38, 61, 85, 100].

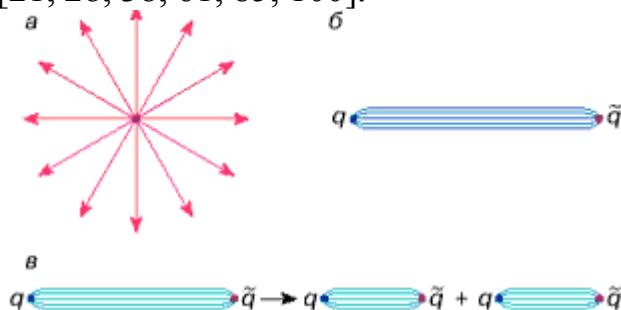


Рис. 2.15. Схема силових ліній електричного поля в електростатиці (а), глюонового поля між кварком і антикварком (б) і схема розриву джгута при його великому розтягненні (в) [38].

- 1965 рік - для узгодження кваркової моделі адронів з принципом Паулі був запропонований новий, ускладнений варіант Стандартної моделі фундаментальної взаємодії двома різними групами вчених М.М. Боголюбовим, Б.В. Струмінським, А.Н. Тавхелідзе (СРСР) і незалежно від них Й. Намбу, М.І. Ханом (США). Гіпотеза кольорових кварків мала задовільне узгодження з експериментом, у той час як первісна кваркова модель давала свідомо невірні результати.



Детальніше:

Основні положення: - кожен з кварків може з'являтися у трьох різних станах, ідентичних за всіма властивостями, окрім нової особливої властивості, названою "кольором" (кварки можуть бути червоними, синіми або жовтими, але не у загальноприйнятому розумінні кольору у повсякденному житті - у вигляді «кольорових кульок»); - певний тип кварків (u, d або s) був названий "ароматом"; - кварки розрізняють за кольором і ароматом; - аромат кварка може проявлятися у трьох різних колірних станах, що характеризуються однаковими масами, електричними зарядами і всіма іншими властивостями; - антикварки мають кольори антижовтий, антисиній, античервоний; - кількість різних кварків, включаючи антикварки, аналогічно складає: $6 \times 2 \times 3 = 36$.

Щоб результати нової кваркової моделі узгоджувалися із дійсністю (для автоматичного виконання принципу Паулі), був введений *принцип "безбарвності"*, згідно із яким всі адрони повинні бути безбарвними або білими. Виходячи із принципу безбарвності, кожен баріон повинен складатися із трьох кварків різних кольорів, кожна комбінація яких може бути названа білою, оскільки при змішуванні основних кольорів виходить білий колір. Мезони також є безбарвними: кожен із них складається з кварка і антикварка, кольори яких додаткові. Колір і антиколір кварків будь-якого аромату безперервно можуть змінюватися. Кольори кварків у баріонах не фіксовані і зазнають безперервних змін. Гіпотеза безбарвності формує певні правила конструювання баріонів і мезонів із кварків та автоматично виключає комбінації із двох або чотирьох кварків. Правила компонування адронів після введення постулату безбарвності залишилися тими ж самими, як і раніше, але отримали деяке обґрунтування - непрямым експериментальним підтвердженням гіпотези кольорових кварків вважається факт, що при анігіляції електронно-позитронних пар високої енергії в одних випадках з'являються адрони, а в інших пари μ^- , μ^+ -мюонів. При цьому відношення числа випадків народження адронів до числа випадків народження мюонів залежить, згідно теорії, від числа різних кварків [19, 21, 28, 51, 56, 57].

- Основні компоненти Стандартної моделі (продовження): у Стандартній моделі розрізняють лептони, які вільно існують у просторі незалежно від інших частинок.

Таблиця 2.3.

Стандартна модель: характеристика ферміонів [49].

| Родина | Назва частинки/аромат | Рік розрахунку / рік виявлення | Спін | Заряд | Колір | Маса (MeV / c ²) | | |
|----------|-----------------------|--------------------------------|--------------------|-----------|-------|------------------------------|---------|------------------------|
| Ферміони | Кварки | u | Верхній | 1964/1968 | 1/2 | +2/3 | Ч, З, С | 2,16 |
| | | d | Нижній | 1964/1968 | 1/2 | -1/3 | Ч, З, С | 4,67 |
| | | c | Чарівний | 1970/1974 | 1/2 | +2/3 | Ч, З, С | 1,27 |
| | | s | Дивний | 1964/1968 | 1/2 | -1/3 | Ч, З, С | 93 |
| | | t | Справжній | 1973/1995 | 1/2 | +2/3 | Ч, З, С | 172,76 |
| | | b | Красивий | 1973/1977 | 1/2 | -1/3 | Ч, З, С | 4,18 |
| | Лептони | e | Електрон | 1874/1897 | 1/2 | -1 | ББ | 0,51099895 |
| | | μ | Мюон | /1936 | 1/2 | -1 | ББ | 105,658375 |
| | | τ | Тау | /1975 | 1/2 | -1 | ББ | 1776,86 |
| | | ν _e | Нейтрино електрона | 1930/1956 | 1/2 | 0 | ББ | <1,1*10 ⁻¹⁶ |
| | | ν _μ | Нейтрино мюона | 1940/1962 | 1/2 | 0 | ББ | <0,19 |
| | | ν _τ | Нейтрино тау | 1970/2000 | 1/2 | 0 | ББ | <18,2 |

Примітка: Ч - червоний, З - зелений, С - синій, ББ - безбарвний.

- Лептони діляться на групи:
 - перша група, з зарядом «-1», до неї відносять: електрон, мюон (важчу частку) і тау-частинку (наймасивнішу);

- друга група, з нейтральним зарядом, містить: електронне нейтрино, мюонне нейтрино і тау-нейтрино;

- нейтрино - це найменша частинка речовини з зарядом «0», зареєструвати яку практично неможливо [49, 62, 73, 87].

- Гіпотеза Кобаяші і Маськави відносно існування 3-х поколінь кварків дозволяє пояснити відмінність властивостей матерії і антиматерії.



Детальніше:

Фізики-теоретики М. Кобаяші (яп. 小林 誠, Японія) і Т. Маськава (яп. 益川 敏英, Японія) у 1973 році висунули гіпотезу про те, що існування 3-х поколінь кварків дозволяє пояснити відмінність властивостей матерії й антиматерії.

Гіпотеза Кобаяші і Маскави була підтверджена в експериментах BELLE і BaBar. За цю теорію у 2008 році М. Кобаяші і Т. Маськаві була присуджена Нобелівська премія з фізики [3, 21, 49, 50, 78, 79].

- В основі Стандартної моделі лежать дві теорії [49, 50, 54, 62, 93]:

(1) Теорія (або модель) електрослабкої взаємодії, що описує електромагнітні і слабкі взаємодії лептонів і кварків.

(2) Квантова хромодинаміка, що описує кольорову взаємодію кварків.

- У Стандартній моделі існує гіпотеза відносно наявної суперсиметрії - припущення про те, що є симетрія між ферміонами і бозонами. Вперше цю ідею висловили у 1971 році Ю.А. Гольфанд і Є.П. Ліхтман [24, 49, 59, 65, 72, 76].

- У Стандартній моделі ферміони (кварки і лептони) мають спин $1/2$, є будівельною основою видимої речовини і взаємодіють між собою за допомогою трьох сил [10, 24, 49, 59, 60, 90]:

(1) сильна взаємодія;

(2) слабка взаємодія;

(3) електромагнітна взаємодія.



Детальніше:

- переносниками цих сил є: бозони (W, Z-бозони), гамма-кванти (γ -фотони), глюони (g-глюони) відповідно і H₀ - бозон Хігса. Існує припущення, що при набагато більших енергіях і сильна взаємодія об'єднується з іншими [49, 59, 104, 105].

- Слабка і електромагнітна взаємодії є двома сторонами єдиної електрослабкої взаємодії.

- Крім електрослабкої і сильної взаємодій є ще гравітаційна взаємодія, яка не входить в Стандартну модель; гравітаційні частинки - *гравітон* - це дуже слабка в масштабах мікросвіту сила, яка відчутна тільки на надмасивних тілах; існування гравітону експериментально поки не підтверджено, гравітони розраховані тільки теоретично.

- Гравітаційні сили у фізиці частинок практично не виявляються. Наприклад, інтенсивність гравітаційної взаємодії двох протонів становить близько 10^{-36} інтенсивності їх електромагнітної взаємодії.

- Всі ці сили описуються на основі калібрувального принципу - вони не вводяться до теорії «насилно», а логічно виникають самі собою в результаті вимоги симетричності теорії щодо певних перетворень. Окремі види симетричності породжують сильну і електрослабку взаємодію.

- У всіх частинок є античастинки, що володіють протилежними зарядами [10, 49, 59].

- *Значення ферміонів:* - перше покоління ферміонів: u- і d-кварки, електрон, електронне нейтрино - утворює всі матеріальні видимі об'єкти; - друге і третє покоління ферміонів у певній мірі повторюють перше, але важче і в кінці кінців розпадаються на частинки першого покоління [49, 57, 59, 99].
- Стандартна модель може бути сформульована тільки для безмасових фундаментальних частинок, тобто кварків, лептонів, W- і Z-бозонів: для того, щоб вони отримали значну кількість, зазвичай вводиться поле Хіггса.



Детальніше:

Поле Хіггса назване на ім'я вченого, який запропонував цей механізм. Для цього у Стандартну модель була введена ще одна фундаментальна частинка - бозон Хіггса. За доказ його існування у 2015 році британському фізику-теоретику П.У. Хіггсу було присуджено Нобелівську премію з фізики.

Інакше кажучи, незважаючи на те, що у самій теорії є електрослабка симетрія, у нашому світі вона мимовільно порушується.

Спонтанне порушення електрослабкої симетрії - це необхідний елемент теорії, і в межах Стандартної моделі порушення відбувається за рахунок хіггсовського механізму [42, 75, 86, 96, 97].

Методика визначення детектором факту народження бозона Хіггса:

- на великому адронному колайдері за одну секунду відбувається близько 0,5 млрд реакцій протона з протоном, і у кожній реакції народжується до 300 нових частинок;

- всього за період 2011-2012 років у зіткненнях виникло понад 1018 частинок, при цьому за оцінками, бозонів Хіггса було всього близько 105 штук;
- народжені частинки реєструються різними елементами детектора, визначаються їх кути вильоту, імпульси, енергії, тощо; згодом отримана інформація перетворюється у цифровий вигляд;
- спочатку для пригнічення фону використовується набір швидких процесорів - тригери різного рівня, котрі відсівають події, які є очевидним фоном, після чого дані, що залишилися записуються на диски;
- потім починається трудомісткий процес комп'ютерного аналізу, при цьому для пошуку бозону Хіггса використовуються характерні моди його розпаду;
- найбільш продуктивними тут виявилися канали розпаду на два фотона і чотири лептона;
- всього таких подій зареєстровано кілька десятків, оскільки далеко не всі з народжених бозонів можуть бути зареєстровані і виділені з фону [42, 75, 76, 86].

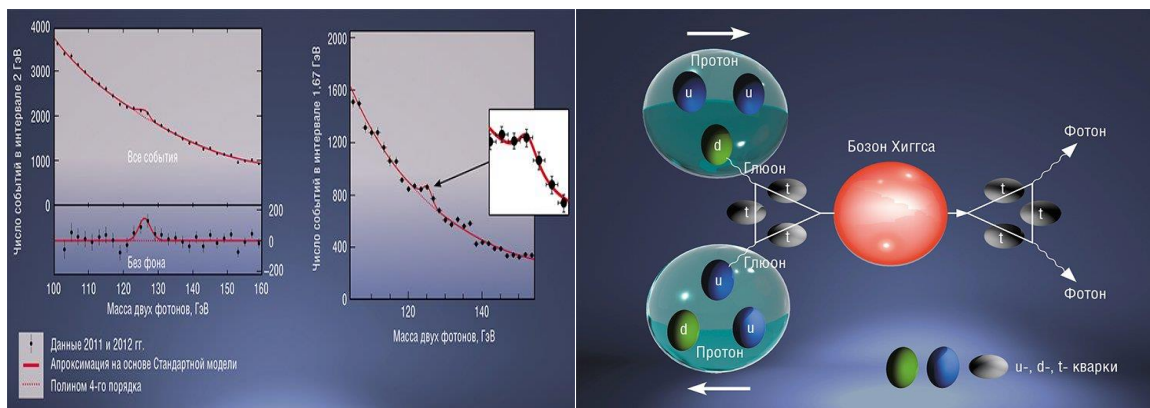


Рис. 2.16. Ілюстрація, яка відображає експериментальні дані з детекторів ATLAS і CMS, що підтверджує існування частинки із масою 125 ГеВ, ідентифікованої як бозон Хіггса (зліва) і схема народження бозона Хіггса при взаємодії глюонів внаслідок зіткнення протонів у колайдері і його розпад на фотони (праворуч) [42].

- Згідно Стандартної моделі розрізняють чотири фундаментальні взаємодії в речовині: електромагнітна, слабка, сильна і гравітаційна (табл. 2.1 і табл. 2.4) [44, 45, 49, 98, 63].

Таблиця 2.4.

Стандартна модель: фундаментальні взаємодії [49].

| Взаємодія | Квант поля | Радіус, см | Константа взаємодії (порядок величини) | Приклад прояву |
|-----------------|-----------------|------------|--|-----------------|
| сильна | Глюон | 10^{-13} | 1 | ядро, адрони |
| слабка | W^{\pm}, Z | 10^{-16} | 10^{-6} | β -розпад |
| електромагнітна | γ -квант | ∞ | 10^{-2} | атом |
| гравітаційна | гравітон | ∞ | 10^{-38} | сила тяжіння |



Детальніше:

Теорії цих взаємодій спочатку розвивалися незалежно один від одного: - найбільших успіхів в середині ХХ століття досягла квантова електродинаміка - теорія електромагнітних взаємодій, переносником яких є безмасовий фотон (світло); - у теорії слабких взаємодій також спостерігався великий прогрес, але і в квантовій електродинаміці, і в теорії слабких взаємодій існували фундаментальні проблеми, які неможливо було вирішити окремо. На припущення, що ці взаємодії пов'язані одна з одною, була побудована теорія - електрослабка модель Вайнберга-Салама. Однак з неї випливало, що переносники слабкої взаємодії - W - і Z -бозони, повинні бути безмасовими, а експерименти показували, що вони мають масу і вельми велику. І тоді виникла ідея ввести ще одне фундаментальне поле, квантом якого є бозон Хіггса. Взаємодія цього поля з електрослабким полем надає W - і Z -бозонам масу, а фотон залишається безмасовим. Залежність потенціалу хіггсовського поля від його напруженості була обрана саме такою, щоб реалізувалося спонтанне порушення симетрії. А далі природним чином в цю схему були введені ферміони (лептони і кварки) - вони також набувають масу через взаємодію з хіггсовським полем. Об'єднання електрослабкої теорії і теорії сильних взаємодій (квантової хромодинаміки) і стало так званою Стандартною моделлю [49, 50, 95].

- *Особливості взаємодії:* взаємодії фундаментальних ферміонів здійснюються за рахунок обміну переносниками взаємодії - фундаментальними (або калібрувальними) бозонами (табл. 2.5).

Таблиця 2.5.

Стандартна модель: характеристика бозонів [49].

| Родина | Назва частинки/аромат | | Рік розрахунку / рік виявлення | Спін | Заряд | Колір | Маса (MeV / c ²) |
|--------|-----------------------|--------------|--------------------------------|------|-------|------------|------------------------------|
| Бозони | g | Глюон | 1962/1978 | 1 | 0 | 8 кольорів | 0 |
| | γ | Фотон | /1899 | 1 | 0 | ББ | 0 |
| | W | W-бозон | 1968/1983 | 1 | ±1 | ББ | 80,379 |
| | Z | Z-бозон | 1968/1983 | 1 | 0 | ББ | 91,186 |
| | H | Бозон Хіггса | 1964/2012 | 0 | 0 | ББ | 125,1 |

Примітка: ББ - безбарвний.



Детальніше:

Взаємодія частинок, які володіють електричним зарядом, відбувається за допомогою обміну квантами електромагнітного поля - фотонами. Фотон електрично нейтральний.

- Сильна взаємодія здійснюється за рахунок обміну глюонами (g) - електрично нейтральними безмасовими переносниками сильної взаємодії. - Глюони переносять колірний заряд.

- У слабкій взаємодії беруть участь усі лептони та всі кварки.

- Переносниками слабкої взаємодії є масивні W- і Z-бозони.

- Існують позитивні W⁺-бозони і негативні W⁻ бозони, що є античастинками по відношенню один до одного.

- Z-бозон електрично нейтральний [49, 94, 95].

- **Сильна взаємодія:** - адрони – це частинки, утворені сильною взаємодією із кварків у різній комбінації; - сильна взаємодія утримує адрони: протони і нейтрони всередині атомного ядра; кварки - усередині протонів, нейтронів і інших адронів; - у сильній взаємодії беруть участь кварки і побудовані із них адрони, а також і переносники самої взаємодії - глюони (від англ. «glue» - клей); - адрони складаються або із трьох кварків – це *баріони*, як протон і нейтрон, або із кварка та антикварка, тобто частинки й античастинки – це *мезони*, як, наприклад, π[±]мезон, який складається із u- і анти-d- кварків; [49, 66, 76].

- *Слабка взаємодія:* - слабка взаємодія призводить до рідкісних розпадів, таких як розпад нейтрона на протон, електрон і електронне антинейтрино; - переносниками слабкої взаємодії є W - і Z -бозони; - у слабкій взаємодії беруть участь і кварки, і лептони, але вона при звичайних енергіях вельми мала, що пояснюється великою масою W - і Z -бозонів, які на два порядки важче за протони; - при енергіях більше маси W - і Z -бозонів сили електромагнітної і слабкої взаємодії стають рівними, й вони об'єднуються в єдину електрослабку взаємодію; - за допомогою бозонів ферміони обмінюються масою, енергією, і можуть перетворюватися один у одного [49].
- *Електромагнітна взаємодія:* - електромагнітна взаємодія утримує електрони всередині атома й атоми всередині молекул; - переносником електромагнітної взаємодії є фотон. За допомогою фотонів - безмасових частинок, передається світло [49].
- *Чисельні значення для приблизно двох десятків констант:* - це маси фундаментальних ферміонів, чисельні значення констант зв'язку взаємодій, які характеризують їх силу, і деякі інші величини [49].

Стандартна модель - це перенормована теорія, тобто всі її елементи вводяться у неї таким самоузгодженим способом, який дозволяє проводити обчислення із потрібним ступенем точності. Однак часто обчислення із бажаним ступенем точності виявляються надто складними, але це проблема не самої теорії, а, скоріше, людських обчислювальних можливостей [49].

Недоліки стандартної моделі: - кількість вільних параметрів теорії перевищує двадцять і зовсім незрозуміло, звідки виникає їх ієрархія; - чому маса t -кварка в 100 тисяч разів більше маси u -кварка? - чому константа зв'язку t - і d -кварків, вперше виміряна в міжнародному експерименті ARGUS в 40 разів менше константи зв'язку s - і d -кварків?; - стандартна модель не є повною: з астрофізичних досліджень відомо, що існує темна матерія, якої в 5 разів більше, ніж звичайної матерії, і якої немає в стандартній моделі (теоретичний кандидат на темну матерію - найлегша суперсиметрична частинка); - в Стандартній моделі відсутня внутрішня самоузгодженість, наприклад: - природна маса бозону Хіггса, що виникає через обмін віртуальними частинками, на багато

порядків перевищує масу, необхідну для пояснення спостережуваних явищ [23, 24, 49].

- *Лагранжіан стандартної моделі* [49, 61]:

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + i\bar{\psi}D\psi + \psi_i\gamma_{ij}\psi_j\phi + \text{h.c.} + |D_\mu\phi|^2 - V(\phi)$$

- При сьогоднішній трансдисциплінарності взаємодії знань мікрофізика (мікросвіт) увійшла у наукову взаємодію із астрофізикою, космологією, наукою про Всесвіт (мегасвіт) (див. табл. 1.1).

За фактом встановлено наявність загальних фундаментальних світових законів утворення матерії, які починають простежуватися на мікрорівні - Стандартна модель фундаментальних взаємодій, потім продовжується на макрорівні - біологічні системи і людський організм, і закінчуються мегарівнем - Стандартна космологічна модель [74, 77, 81-84, 109].

У науці прийнята обґрунтована теорія походження Всесвіту: - Всесвіт виник із нескінченно малої точки з дуже великою енергією; - понад 10 млрд років тому стався Великий вибух і спочатку все складалося тільки з елементарних частинок; - потім Всесвіт почав розширюватися, стали утворюватися ядра атомів, потім атоми, а з них формувалися планети, зірки. Також у цілому науково встановлений факт подібності об'єктів різних рівнів мікро-макро-мегасвіті. Наприклад, атоми, планетні системи і спіральні галактики мають в своїй основі однакову структуру - точкове (щодо оболонки) ядро і сферичну оболонку, і близьку пропорцію - 10^5 [30, 36, 41, 42, 109]. Питання між- і трансдисциплінарності взаємодії продовжують вивчатися і висвітлені додатково у другому томі монографії.

Будова ядра атома.

- Ядро атома знаходиться у його центрі і має позитивний заряд [1, 5, 7].
- Ядро у 10000 разів менше розміру самого атома [1, 5, 7].
- Практично вся маса атома зосереджена в його ядрі, так як маса електрона складає всього лише 1/1836 частину маси протона [1, 5, 7].

- Щільність речовини в ядрі дуже велика - близько 10^{13} - 10^{14} г/см³.
- Ядра мають цілком певні розміри [1, 5, 7]:
 - розміри атомних ядер зазвичай вимірюють у позасистемній одиниці довжини - фермі.
1 фермі (фм)= 10^{-13} см.
 - Радіус ядра R описується співвідношенням:
 $R=1,3A^{1/3}$ фм.
- Ядро атома є діленим та складається із більш дрібних частинок.
 - Первісне припущення, що ядро складається із заряджених позитивно протонів було спростовано відкриттям нейтронів і адронною моделлю будови ядра атомів (Стандартна модель фундаментальних взаємодій) [39, 40].
 - Ядра більшості атомів складаються із субатомних частинок - нуклонів (від латинського nucleus - ядро) - протонів і нейтронів.
 - Субатомні частки складаються із ферміонів (див. Стандартна модель атома), зв'язаних дією ядерних сил, переносниками яких є бозони [39, 40].
 - Маса атома, виражена в кілограмах або грамах, називається *абсолютною атомною масою* [4, 33].
 - Маса атома, виражена в атомних одиницях маси (а.о.м.) називається *відносною атомною масою* (атомною вагою). Відносна атомна маса являє собою відношення маси будь-якого атома до маси 1/12 частини атома вуглецю і є безрозмірною величиною (маса будь-якого атома ділиться на масу частини атома вуглецю), тому позначення "а.о.м." [4, 33].
 - Заряд ядра (число протонів) збігається із числом електронів у атомі.



Детальніше:

Коли атоми зближуються, то в першу чергу вони взаємодіють один із одним не ядрами, а електронами. Число електронів визначає здатність атома утворювати зв'язок із іншими атомами, тобто його хімічні властивості. Тому атоми із однаковим зарядом ядра (і однаковим числом електронів) поведуть себе в хімічному відношенні практично однаково і розглядаються як атоми одного *хімічного елемента*.

Елементом називається речовина, що складається з атомів з однаковим зарядом ядра [4, 33].

- Сума важких частинок (нейтронів і протонів) в ядрі атома будь-якого елемента називається *масовим числом* і позначається буквою A [1, 4, 5]:

$$A=Z+N$$

Де A - масове число атома (сума протонів і нейтронів), Z - заряд ядра (число протонів в ядрі), N - число нейтронів в ядрі.

- Один і той же елемент може мати різну кількість нейтронів в ядрі (число N), тобто існувати у вигляді так званих *ізопів*. Ізотопи відрізняються один від одного тільки числом нейтронів в ядрі.

Оскільки нейтрони практично не впливають на хімічні властивості елементів, всі ізотопи одного і того ж елемента хімічно не відрізняються [1, 4, 5, 14, 26].

- Кількість протонів у ядрі була названа *зарядовим числом* і позначається буквою Z . Масове число і зарядове число кожного хімічного елемента ставиться перед літерним позначенням елемента. Масове число завжди ставлять зверху, а зарядове - знизу (рис. 2.17) [26].

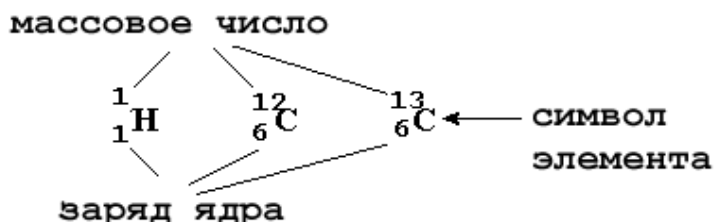


Рис. 2.17. Схема символічного запису будови атома ядра [26].

Таблиця 2.6.

Характеристика субатомних частинок [4, 26, 39].

| Частинка | Заряд | | Маса, | | Спін |
|----------|-------|------------------------|-----------------------|----------|------|
| | | | кг, | а.о.м. | |
| Протон | +1 | $-1,602 \cdot 10^{19}$ | $1,67 \cdot 10^{-27}$ | 1,00728 | 1/2 |
| Нейтрон | 0 | 0 | $1,67 \cdot 10^{-27}$ | 1,00867 | 1/2 |
| Електрон | -1 | $-1,602 \cdot 10^{19}$ | $9,11 \cdot 10^{-31}$ | 0,000549 | 1/2 |

Таблиця 2.7.

Характеристики вільних нейтрона і протона [4, 26, 39].

| Характеристики | n | p |
|--|-------------------------------|---|
| Маса, MeV/c ² | 939,56536±0,00008 | 938,27203±0,00008 |
| Квантове число – спін | 1/2 | 1/2 |
| Спін, ħ=6,58·10 ⁻²² MeV·c | ħ[1/2(1/2+1)] ^{1/2} | ħ[1/2(1/2+1)] ^{1/2} |
| Електричний заряд, q _e =(1,602176487 ±40)·10 ⁻¹⁹ Кл | (-0,4 ±1,1)·10 ⁻²¹ | q _p +q _e /q _e < 10 ⁻²¹ |
| Магнітний момент, μ=eħ/2m _p c=3,15·10 ⁻¹⁸ MeV/Гс | -1,9130427±0,000005 | +2,792847351 ± 000000028 |
| Електричний дипольний момент d, e·см | < 0,29·10 ⁻²⁵ | <0,54 10 ⁻²³ |
| Баріонний заряд B | +1 | +1 |
| Зарядовий радіус, Фм | | 0,875 ± 0,007 |
| Радіус розподілення магнітного моменту, Фм | 0,89 ± 0,07 | 0,86 ± 0,06 |
| Ізоспін I | 1/2 | 1/2 |
| Проекція ізоспіну I _z | -1/2 | +1/2 |
| Кварковий склад | udd | uud |
| Квантові числа s ,c, b, t | 0 | 0 |
| Період напіврозпаду | 10,24 хв | >2,1·10 ²⁹ років |
| Парність | + | + |
| Статистика | Фермі-Дірака | |
| Схема розпаду | n→ p+e-+ ν̄ _e | |

Заряд будь-якого протона дорівнює одному зарядному числу, а також одному елементарному електричному заряду. Отже, зарядове

число Z , яке відображає кількість протонів у ядрі, кількісно дорівнює позитивному заряду ядра, який у даному випадку виражений в елементарних зарядових одиницях [26].

- Масове число - A , відповідно, характеризує масу атома. Оскільки маса протонів і нейтронів практично є рівною, тому прийняли середнє значення маси нуклона, яке приблизно рівне 1 а.о.м. (атомній одиниці маси). A - кількісно дорівнює масі атома, вираженій в а.о.м. [1, 4, 5, 26].

$$1 \text{ а.е.м.} = \frac{1}{12} m_A(\text{C}) = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ з} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$



Рис. 2.18. Схема символічного запису будови атома ядра [39].

- Буквою N (із нахилом на відміну хімічного символу азоту) позначають число нейтронів у ядрі. Число нейтронів не відображається у позначенні хімічного елемента, однак його можна легко вирахувати. Масове число A - це загальне число нуклонів ядра, тому $A = Z + N$, отже, число нейтронів $N = A - Z$ [26, 39].
- Зарядове число атома будь-якої речовини завжди дорівнює порядковому (атомному) номеру хімічного елемента даної речовини у періодичній системі Менделєєва [14, 26, 39].
- 1860 рік - хіміком Д.І. Менделєєвим (1834-1907, Росія) був відкритий фундаментальний закон, що *властивості елементів перебувають у періодичній залежності від заряду їхніх атомних ядер*.



Детальніше:

Д. Менделєєвим були класифіковані всі відомі на той момент 60 хімічних елементів, при цьому табличне графічне їх розташування дозволило оцінювати їх властивості, а також передбачити і розраховувати нові, невідкриті елементи.

Таблиця Менделєєва - це графічне відображення фундаментального закону природи і щоденний робочий інструмент спеціалістів по всьому світу; - впорядкована низка хімічних елементів і їх природна класифікація; - сучасна *Періодична система хімічних елементів* включає 118 елементів і за останні 50 років поповнилася сімнадцятьма новими елементами (102-118); - Останнє додавання у таблицю Менделєєва було зроблено у 2016 році за рахунок чотирьох елементів із атомними номерами 113, 115, 117 і 118, які відповідно отримали назви: ніхон (Nh), московія (Mc), теннессін (Ts) і оганесон (Og); - у найбільших ядерно-фізичних центрах світу ведуться роботи по синтезу 119-го, 120-го і 121-го елементів (це т.зв. "велика гонка"); - до атомного номера 100 хімічні елементи є стабільними, а після 100 - нестабільними, такими, що живуть короткий час і відкриті на колайдерах; - зараз розроблено та опубліковано понад 500 варіантів Періодичної системи хімічних елементів, що було обумовлено спробами пошуку рішення деяких приватних проблем її структури; - сучасна форма Періодичної системи хімічних елементів (у 1989 році Міжнародним союзом теоретичної і прикладної хімії рекомендована довга форма таблиці) складається із семи періодів (горизонтальних послідовностей елементів, розташованих за зростанням порядкового номера) і 18 груп (вертикальних послідовностей елементів відповідно до кількості валентних електронів), а коротка форма таблиці - з восьми груп; - номер групи елементів короткого варіанту таблиці Менделєєва відповідає числу валентних електронів у зовнішній електронній оболонці атомів; - у довгому варіанті таблиці номер групи в більшій мірі формальний: групи короткого варіанту включають головну (а) і побічну (б) підгрупи, в кожній із яких містяться елементи, подібні за хімічними властивостями, елементи деяких груп мають власні тривіальні назви: лужні метали (група 1 довгої форми таблиці), лужно-земельні метали (група 2), халькогени (група 16), галогени (група 17), благородні гази (група 18); - у 2007 році під час Міжнародного матеріалознавчого конгресу у місті Орlando Періодична система хімічних елементів однозначно була названа найбільш значущим із десяти головних досягнень людства в галузі матеріалознавства та наук, зайнятих розробкою і вивченням властивостей нових матеріалів; - за рішенням Організації Об'єднаних Націй 2019 рік був проголошений Міжнародним роком Періодичної таблиці хімічних елементів; - *«Періодична система хімічних елементів - одне із найбільш важливих наукових досягнень, яке відбиває суть не лише хімії, але також фізики, біології та інших дисциплін. Вона являє собою унікальний інструмент, що дає вченим можливість передбачати появу та властивості елементів на Землі й у Всесвіті в цілому»*- Жан-Пол Нгома-Абіага, програмний фахівець, координатор заходів в рамках святкування 2019 року в ЮНЕСКО [4, 7, 11, 26, 39].

Можливість практичного, безпосереднього вивчення складу атомного ядра з'явилася лише у ХХ столітті завдяки винаходу нових методів детектування частинок (метод сцинтиляцій, метод

газорозрядного лічильника, реєстрація ядерних випромінювань фотографічним методом, електронні методи рахунку сцинтиляцій, тощо) і приладів ядерної фізики (камера Вільсона, лічильник Гейгера, сцинтилятор і фотопомножувач, мас-спектрограф, циклотрон, тощо) [1, 4, 29, 39, 68, 107].

- Гносеологія еволюції вивчення складу атомного ядра розвивалася поетапно.

1 етап: протон-електронна модель.



Детальніше:

Вимірювання мас атомів за допомогою мас-спектрографа Ф. Астона (англ. *Francis William Aston*; 1877-1945 року, Англія) довели, що маси усіх досліджених атомів із точністю $\sim 10\%$ виявляються пропорційними масі протона - $M \sim A m_p$, де A приймає лише цілочисельні значення. Цей факт став підставою для створення протон-електронної моделі атомного ядра.

Основні положення: - до відкриття нейтрона основу всіх моделей будови атомного ядра становила концепція електричної будови речовини, згідно якої електрична взаємодія пов'язувала атомне ядро й електрони атомних оболонок; - атомне ядро вважалось, що утворюється із протонів і електронів; - факт емісії із ядра електронів при β -розпаді вважався безсумнівним доказом того, що електрони перебувають у ядрі; - передбачена Резерфордом нейтральна частинка, яка була відкрита Чадвіком, вважалася сильно зв'язаним станом протона й електрона.

У міру того, як з'являлися нові експериментальні дані стосовно спінів і магнітних моментів атомних ядер, зростали складності в описі цих характеристик атомних ядер за допомогою протон-електронної моделі. Класичний науковий приклад цього факту - так звана «азотна катастрофа». *Основні положення:* (1) відповідно до протонно-електронної моделі ядро ^{14}N має складатися із 14 протонів і 7 електронів; протон і електрон мають власне значення спіну $J=1/2$, повний спін ядра ^{14}N повинен мати напівціле значення, у той час як експериментально визначене значення спіну ядра дорівнювало $J(^{14}\text{N})=1$; (2) інші приклади розбіжностей і недосконалості уявлень протон-електронної моделі ядра із результатами експерименту: - всі атомні ядра, які мали парне значення масового числа A , характеризувались нульовим або цілочисельним значенням спіну J , у той час як протон-електронна модель ядра у більшості випадків передбачала напівціле значення спіну; - встановлені значення магнітних моментів ядер виявилися майже у 1000 разів менші, ніж передбачала протон-електронна модель ядра; - «ув'язнення» електронів у ядрі суперечило принципу невизначеності $\Delta p \Delta x = \hbar$.

Відкриття у 1932 році нейтрона і створення протон-нейтронної моделі ядра успішно розв'язали проблему «азотної катастрофи». Згідно протон-нейтронної моделі ядра ізотоп $^{14}_7\text{N}$ складається з 7 протонів і 7 нейтронів. Так, як і протон, і нейтрон мають власний спіні $J=1/2$, повний спіні ядра повинен мати цілочисельне значення, що узгоджується з експериментом [1, 4, 29, 39, 67, 106].

- 2 етап: протон-нейтронна модель.



Детальніше:

Основні положення: - прийшло наукове розуміння, що нейтрон виявляється такою ж елементарною частинкою, як і протон; - протон-нейтронна модель ядра за аналогією із моделлю атома створювалася на основі законів квантової теорії; - завдяки створенню нейтронно-протонної моделі ядра вдалося пояснити існування ізотопів хімічних елементів; - залишалось відкритим питання про те, які сили зв'язують протони і нейтрони в ядрі – зазначене стало центральним завданням ядерної фізики; - було встановлено, що це сили не електричної природи, оскільки вони діють на відстані менше 10^{-12} см; - про це також свідчило існування зв'язаної системи - дейтрон, яка складалась із протона і нейтрона. Були встановлені розмір дейтрона $\sim 2,3$ фм і енергія зв'язку 2,2 МеВ; При цьому атомні ядра мають радіуси від 2 до 8 фм і енергія зв'язку, яка припадає на один нуклон для більшості атомних ядер, становить від 5 до 9 МеВ. Тобто ядерні сили, які зв'язують протони і нейтрони в ядрі у тисячі разів перевершують електромагнітні сили на відстанях ядерних масштабів.

Сформувалось уявлення про новий тип взаємодій - ядерну взаємодію, яка утримує протони і нейтрони в атомному ядрі.

Уявлення про протон-нейтронний склад атомних ядер поставило перед наукою завдання з'ясувати сутність сил, які зв'язують протони і нейтрони. Такі сили отримали назву ядерних сил і доки були невідомі. Теоретичний опис таких сил зіткнувся із труднощами, оскільки ядро утворено із порівняно великої кількості нуклонів. Властивості ядерних сил, особливо на малих відстанях, були також ще невідомі [13, 29, 37, 39].

- 3 етап: відкриття ядерних сил і писк нових моделей.



Детальніше:

У 1935 році Х. Юкава (яп. 湯川秀樹, 1907-1981, Японія) розробив теорію ядерної взаємодії і розрахував частинку, яка повинна була зв'язувати протони і нейтрони в ядрі - це був вирішальний крок у розвитку концепції ядерних сил як обміну масивної частинкою. Х. Юкава припустив за аналогією

із електромагнітною взаємодією, що ядерні сили обумовлені існуванням нової частинки, яка переносить ядерну взаємодію. Маса цієї частинки $\approx 150 \text{ MeV}$. Х. Юкава визначив, виходячи з радіуса дії ядерних сил. Відкриття у 1947 році π -мезона. стало підтвердженням правильності ідеї Х. Юкава. За передбачення існування мезонів на основі теоретичних робіт по ядерним силам Х. Юкава у 1949 році була присуджена Нобелівська премія з фізики [20, 26, 31, 37].

▪ **Еволюція наукового вивчення ядра знаходила відображення в ядерних моделях:**

Ядерні моделі - це умовні методи опису властивостей ядер атомів, засновані на уявленні ядра у вигляді фізичного об'єкта із задалегідь відомими характерними властивостями, що дозволяє досягти наближеного розуміння процесів, які відбуваються за участю атомних ядер і усередині них.

Досконала модель ще не розроблена. Існують різні моделі ядра, кожна із них здатна описати лише обмежену сукупність ядерних властивостей. Деякі моделі виглядають навіть взаємовиключними [4, 26].

- Найбільш відомі ядерні моделі [4, 26]:
 - (1) *крапельна модель ядра;*



Детальніше:

Вчені, які зробили внесок у розвиток: Н. Бор, Я. Френкель, Дж. Уілер, К. Вайцеккер.

Основні положення: - ядро розглядається як сферична крапля нестискуваної зарядженої ядерної рідини радіуса $R=r_0A^{1/3}$; - модель пояснює багато властивостей ядра, дозволяє отримати напівемпіричну формулу для енергії зв'язку ядра; - крапельна модель враховує внесок в енергію зв'язку ядра об'ємної, поверхневої й електростатичної енергії (проте цих складових замало для коректного опису енергії зв'язку реальних ядер).

- (2) *оболонкова модель ядра;*



Детальніше:

Вчені, які зробили внесок у розвиток: Д. Іваненко, Е. Гапон, М. Гепперт-Майер, Х. Йенсен.

Основні положення: - ядро являє собою систему нуклонів, незалежно рухомих в усередненому полі, яке створено силовим впливом інших нуклонів; - кожен нуклон знаходиться в певному індивідуальному квантовому стані, який характеризується енергією, моментом обертання, його проекцією m на одну із координатних осей, і орбітальним моментом обертання $l=j\pm 1/2$; - енергія рівня не залежить від проекції моменту обертання на зовнішню вісь,

тому на кожному енергетичному рівні із моментами j, l може перебувати $(2j+1)$ нуклонів, що утворюють оболонку (j, l) ; - сукупність близьких за енергією рівнів утворює оболонку ядра; - коли кількість протонів або нейтронів досягає певного числа, яке відповідає заповненню чергової оболонки, виникає можливість стрибкоподібних зміни деяких параметрів, що характеризують ядро (наприклад, енергії зв'язку); - фізичною причиною періодичності являється принцип Паулі, який забороняє двом тотожним ферміонам знаходитися в одному і тому ж стані.

- (3) *колективна модель ядра;*



Детальніше:

Вчені, які зробили внесок у розвиток: О. Бор, Б. Моттelson.

Основні положення: - сформульована на базі крапельної моделі; - ядро описується як остов, утворений нуклонами заповнених оболонок і зовнішніми нуклонами, які рухаються у полі, що створюється нуклонами остову; - пояснює природу низько розташованих збуджень ядер, які інтерпретуються як динамічна деформація поверхні.

- (4) *ротаційна модель;*



Детальніше:

Основні положення: - згідно до експериментальних даних у межах масових чисел $150 < A < 190$ і $A > 200$, квадрупольні моменти ядер надзвичайно великі і відрізняються від значень, які передбачені оболонковою моделлю, у десятки разів; - у цій самій ділянці значень A залежність енергії нижніх збуджених станів ядер від спіну ядра виявляється схожою на залежність енергії обертового вовчка від його моменту обертання.

Відповідно до моделі, ядро уявляється несферичним; - модель являє собою поєднання обертання всього ядра, як цілого, із рухом окремих нуклонів у несферичному потенційному полі; - передбачається, що обертання всього ядра відбувається досить повільно в порівнянні зі швидкістю руху нуклонів; - модель дозволяє описувати ряд істотних властивостей великої групи ядер; - непоясненим продовжував залишатись факт виникнення ротаційного спектру (факт обертання всього ядра, як цілого).

- (5) *надплинна модель ядра;*



Детальніше:

Вчені, які зробили внесок у розвиток: О. Бор, Дж. Валатін.

Основні положення: - спаровування нуклонів призводить до явища надплинності ядерної речовини; - в ядрах передбачається спарювання нуклонів із одними і тими ж значеннями квантових чисел (j, l) і з протилежними проекціями повного моменту обертання нуклона, рівними $-j, -j + 1, \dots, j-1, j$; - фізична причина спарювання - це взаємодія частинок, які рухаються за індивідуальними орбітами; - пояснює як абсолютні значення моментів інерції, так і їх залежність від параметра деформації P .

- (6) *кластерна модель*
(*модель нуклонних асоціацій*);



Детальніше:

Основні положення: - ядро складається із α -часткових кластерів; - модель використовується для пояснення властивостей деяких легких ядер; - передбачається, наприклад, що ядро літію ${}^6\text{Li}$ значну частину часу проводить у вигляді дейтрона і α -частинки, які обертаються відносно центра ваги ядра.

- (7) *статистична модель*;



Детальніше:

Вчені, які зробили внесок у розвиток: Я. Френкель і 1937 році Л. Ландау.
Основні положення: - при високій енергії збудження кількість рівнів у середніх і важких ядрах є великою, а відстані між рівнями - малими; - залежність щільності рівнів енергії описується методами статистичної фізики, розглядаючи збудження як нагрів Фермі-рідини нуклонів; - модель може бути застосована для опису розподілу рівнів енергії і розподілу ймовірності випромінювання квантів при переході між високо розміщеними збудженими станами ядра; - дозволяє врахувати поправки, пов'язані із наявністю оболонок в ядрі.

- (8) *оптична модель*;



Детальніше:

Основні положення: - ядро описується у вигляді напівпрозорої сфери із певними коефіцієнтами заломлення і поглинання; - при попаданні на таку сферу частинка зазнає всі види взаємодії, характерні для поширення світла у напівпрозорому оптичному середовищі: відображення, заломлення, поглинання; - використовується для опису пружного розсіювання нуклонів на ядрах і прямих ядерних реакцій, що відбуваються із характерними ядерним часом.

- (9) *вібраційна модель*;



Детальніше:

Основні положення: - використовується для пояснення спектру колективних збуджень сферичних ядер у результаті поверхневих і квадрупольних коливань рідкої краплі, під якою розуміється ядро.

- Протон-нейтронна модель ядра пояснила існування ізотопів.

Ізотопи – це атомні ядра, які мають однакове число протонів Z і різне число нейтронів N . Зазвичай ізотопи зображують на N - Z -діаграмі атомних ядер. Масове число ізотопу $A=N + Z$ [49].

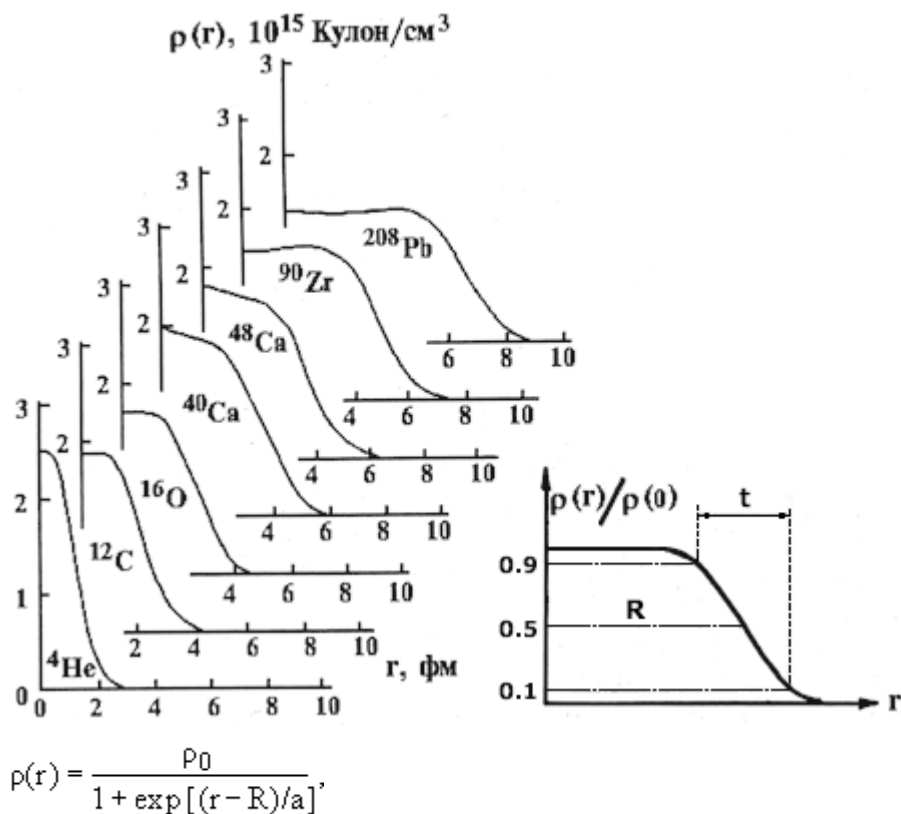


Рис. 2.19. Діаграми атомних ядер [39, 40].



Детальніше:

Встановлено, що: - існує понад 3500 ізоотопів; - відомо 270 стабільних ізоотопів і понад 2000 нестабільних; - стабільні ізоотопи - це різновиди хімічних елементів, які можуть самостійно існувати тривалий час; - ядро не може містити будь-яку кількість нейтронів і, відповідно, кількість ізоотопів обмежено; - у парних за кількістю протонів елементів кількість стабільних ізоотопів може досягати десяти; - значна частина нестабільних ізоотопів була отримана штучним шляхом; - нестабільні ізоотопи радіоактивні, їх ядра схильні до процесу радіоактивного розпаду, тобто мимовільного перетворення в інші ядра, що супроводжується емісією частинок і/або випромінювання; - практично всі радіоактивні штучні ізоотопи мають дуже короткі періоди напіврозпаду, які тривають секунди і частки секунди; - елементи, які мають непарну кількість протонів, можуть мати лише по два стабільних ізоотопи; - низка елементів (золото, алюміній, фосфор, натрій, марганець і ін.) мають лише один стабільний ізоотоп; - варіації за кількістю стабільних ізоотопів у різних елементів пов'язані зі складною залежністю кількості протонів і нейтронів від енергії зв'язку ядра; - практично всі речовини у природі існують у вигляді суміші ізоотопів; - кількість ізоотопів у складі речовини залежить від

виду речовини, атомної маси і кількості стабільних ізотопів даного хімічного елемента [39, 40].

Таблиця 2.8.

Таблиця ізотопів хімічних елементів [39, 40].

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|----|-----------|-------|--|
| 0 | n | нейтрон | 1 | |
| 1 | H | водень | 1–7 | 1 (99,986) |
| 2 | He | гелій | 3–10 | 4 (100) |
| 3 | Li | літій | 3–12 | 6 (7,93); 7 (92,07) |
| 4 | Be | берилій | 5–16 | 9 (100) |
| 5 | B | бор | 6–19 | 10 (19,8); 11 (80,2) |
| 6 | C | вуглець | 8–22 | 12 (98,9); 13 (1,1) |
| 7 | N | азот | 10–25 | 14 (99,62) |
| 8 | O | кисень | 12–28 | 16 (99,76) |
| 9 | F | фтор | 14–31 | 19 (100) |
| 10 | Ne | неон | 16–34 | 20 (90,0); 22 (9,73) |
| 11 | Na | натрій | 18–37 | 23 (100) |
| 12 | Mg | магній | 19–40 | 24 (77,4); 25 (11,5); 26 (11,1) |
| 13 | Al | алюміній | 21–43 | 27 (100) |
| 14 | Si | кремній | 22–44 | 28 (89,6); 29 (6,2); 30 (4,2) |
| 15 | P | фосфор | 24–46 | 31 (100) |
| 16 | S | сірка | 26–49 | 32 (95,1); 34 (4,2) |
| 17 | Cl | хлор | 28–51 | 35 (75,4); 37 (24,6) |
| 18 | Ar | аргон | 30–53 | 40 (99,632) |
| 19 | K | калій | 32–55 | 39 (93,38); 41 (6,61) |
| 20 | Ca | кальцій | 34–57 | 40 (96,96); 44 (2,06) |
| 21 | Sc | скандій | 36–60 | 45 (100) |
| 22 | Ti | титан | 38–63 | 46 (7,95); 47 (7,75); 48 (73,45); 49 (5,51); 50 (5,34) |
| 23 | V | ванадій | 40–65 | 51 (100) |
| 24 | Cr | хром | 42–67 | 50 (4,49); 52 (83,78); 53 (9,43); 54 (2,30) |
| 25 | Mn | марганець | 44–69 | 55 (100) |
| 26 | Fe | залізо | 45–72 | 54 (6,04); 56 (91,57); 57 (2,11) |
| 27 | Co | кобальт | 50–75 | 59 (100) |
| 28 | Ni | нікель | 48–78 | 58 (67,4); 60 (26,7); 61 (1,2); 62 (3,8) |
| 29 | Cu | мідь | 52–80 | 63 (70,13); 65 (29,87) |
| 30 | Zn | цинк | 54–83 | 64 (50,9); 66 (27,3); 67 (3,9); 68 (17,4) |
| 31 | Ga | галій | 56–86 | 69 (61,2); 71 (38,8) |
| 32 | Ge | германій | 58–89 | 70 (21,2); 72 (27,3); 73 (7,9); 74 (37,1); 76 (6,5) |
| 33 | As | миш'як | 60–92 | 75 (100) |

| | | | | |
|----|----|-----------|---------|---|
| 34 | Se | селен | 64–94 | 76 (9,5); 77 (8,3); 78 (24,0); 80 (48,0); 82 (9,3) |
| 35 | Br | бром | 67–97 | 79 (50,6); 80 (49,4) |
| 36 | Kr | криптон | 69–100 | 80 (2,01); 82 (11,53); 83 (11,53); 84 (57,11); 86 (17,47) |
| 37 | Rb | рубідій | 71–101 | 85 (72,8); 87 (27,2) |
| 38 | Sr | стронцій | 73–105 | 86 (9,86); 87 (7,02); 88 (82,56) |
| 39 | Y | ітрій | 76–108 | 89 (100) |
| 40 | Zr | цирконій | 78–110 | 90 (48); 91 (11,5); 92 (22); 94 (17); 96 (1,5) |
| 41 | Nb | ніобій | 81–113 | 93 (100) |
| 42 | Mo | молібден | 83–115 | 92 (14,9); 94 (9,4); 95 (16,1); 96 (16,6); 97 (9,65); 98 (24,1); 100 (9,25) |
| 43 | Tc | технецій | 85–118 | |
| 44 | Ru | рутений | 87–120 | 96 (5,68); 98 (2,22); 99 (12,81); 100 (12,70); 101 (16,98); 102 (31,34); 104 (18,27) |
| 45 | Rh | родій | 89–122 | 103 (100) |
| 46 | Pd | паладій | 91–124 | 104 (9,3); 105 (22,6); 106 (27,2); 108 (26,8); 110 (13,5) |
| 47 | Ag | срібло | 93–130 | 107 (52,5); 109 (47,5) |
| 48 | Cd | кадмій | 95–132 | 106 (1,4); 108 (1,0); 110 (12,8); 111 (13,0); 112 (24,2); 113 (12,3); 114 (28,0); 116 (7,3) |
| 49 | In | індій | 97–135 | 113 (4,5); 115 (95,5) |
| 50 | Sn | олово | 99–137 | 112 (1,1); 116 (15,5); 117 (9,1); 118 (22,5); 119 (9,8); 120 (28,5); 122 (5,5); 124 (6,8) |
| 51 | Sb | сурма | 103–139 | 121 (56); 123 (44) |
| 52 | Te | телур | 105–142 | 122 (2,9); 123 (1,6); 124 (4,5); 125 (6,0); 126 (19,0); 128 (32,8); 130 (33,1) |
| 53 | I | йод | 108–144 | 127 (100) |
| 54 | Xe | ксенон | 109–147 | 128 (1,9); 129 (26,23); 130 (4,07); 131 (21,17); 132 (26,96); 134 (10,54); 136 (8,95) |
| 55 | Cs | цезій | 112–151 | 133 (100) |
| 56 | Ba | барій | 114–153 | 134 (2,42); 135 (6,59); 136 (7,81); 137 (11,32); 138 (71,66) |
| 57 | La | лантан | 117–155 | 139 (100) |
| 58 | Ce | церій | 119–157 | 140 (89); 142 (11) |
| 59 | Pr | празеодим | 121–159 | 141 (100) |
| 60 | Nd | неодим | 124–161 | 142 (25,95); 143 (13,0); 144 (22,6); 145 (9,2); 146 (16,5); 148 (6,8); 150 (5,95) |
| 61 | Pm | прометій | 126–163 | |
| 62 | Sm | самарій | 128–165 | 144 (3); 147 (17); 148 (14); 149 (15); 150 (5); 152 (26); 154 (20) |
| 63 | Eu | европій | 130–167 | 151 (49,1); 153 (50,9) |
| 64 | Gd | гадоліній | 134–169 | 154 (1,5); 155 (21); 156 (22); 157 (17); 158 (22); 160 (16) |

| | | | | |
|-----|----|-------------|---------|--|
| 65 | Tb | тербій | 135–171 | 159 (100) |
| 66 | Dy | диспрозій | 138–173 | 160 (1,5); 161 (22); 162 (24); 163 (24); 164 (28) |
| 67 | Ho | гольмій | 140–175 | 165 (100) |
| 68 | Er | ербій | 143–177 | 164 (1,5); 166 (32,9); 167 (24,4); 168 (26,9); 170 (14,2) |
| 69 | Tm | тулій | 144–179 | 169 (100) |
| 70 | Yb | ітербій | 148–181 | 170 (4,21); 171 (14,26); 172 (21,49); 173 (17,02); 174 (29,58); 176 (13,38) |
| 71 | Lu | лютецій | 150–184 | 175 (97,5); 176 (2,5) |
| 72 | Hf | гафній | 151–188 | 176 (5,3); 177 (18,47); 178 (27,13); 179 (13,85); 180 (35,14) |
| 73 | Ta | тантал | 155–190 | 181 (100) |
| 74 | W | вольфрам | 158–192 | 182 (22,6); 183 (17,3); 184 (30,1); 186 (29,8) |
| 75 | Re | реній | 159–194 | 185 (38,2); 187 (61,8) |
| 76 | Os | осмій | 162–200 | 186 (1,59); 187 (1,64); 188 (13,3); 189 (16,1); 190 (26,4); 192 (41,0) |
| 77 | Ir | іридій | 164–202 | 191 (38,5); 193 (61,5) |
| 78 | Pt | платина | 166–203 | 194 (30,2); 195 (35,3); 196 (26,6) 198 (7,2) |
| 79 | Au | золото | 169–205 | 197 (100) |
| 80 | Hg | ртуть | 171–210 | 198 (10,1); 199 (17,0); 200 (23,3); 201 (13,2); 202 (29,6); 204 (6,7) |
| 81 | Tl | талій | 176–212 | 203 (29,1); 205 (70,9) |
| 82 | Pb | свинець | 178–215 | 204 (1,5); 206 (23,6); 207 (22,6); 208 (52,3) |
| 83 | Bi | вісмут | 184–218 | 209 (100) |
| 84 | Po | полоній | 188–220 | |
| 85 | At | астат | 191–223 | |
| 86 | Rn | радон | 193–228 | |
| 87 | Fr | францій | 199–232 | |
| 88 | Ra | радій | 201–234 | |
| 89 | Ac | актиній | 206–236 | |
| 90 | Th | торій | 208–238 | 232 (100) |
| 91 | Pa | протактиній | 212–240 | |
| 92 | U | уран | 217–242 | 238 (99,28) |
| 93 | Np | нептуній | 225–244 | |
| 94 | Pu | плутоній | 228–247 | |
| 95 | Am | америцій | 230–249 | |
| 96 | Cm | кюрій | 232–252 | |
| 97 | Bk | берклій | 234–254 | |
| 98 | Cf | каліфорній | 237–256 | |
| 99 | Es | ейнштейній | 240–258 | |
| 100 | Fm | фермій | 242–260 | |

| | | | | |
|-----|----|-------------|---------|--|
| 101 | Md | менделєвій | 245–262 | |
| 102 | No | нобелій | 248–264 | |
| 103 | Lr | лоуренсій | 251–266 | |
| 104 | Rf | резерфордій | 253–268 | |
| 105 | Db | дубній | 255–269 | |
| 106 | Sg | сіборгій | 258–273 | |
| 107 | Bh | борій | 260–275 | |
| 108 | Hs | хасій | 263–276 | |
| 109 | Mt | мейтнерій | 265–279 | |
| 110 | Ds | дармштадтій | 267–281 | |
| 111 | Rg | рентгеній | 272–283 | |
| 112 | Cn | коперницій | 277–285 | |
| 113 | Nh | ніхоній | 278–287 | |
| 114 | Fl | флеровій | 286–289 | |
| 115 | Mc | московій | 287–291 | |
| 116 | Lv | лівермоній | 290–293 | |
| 117 | Ts | теннессин | 291–292 | |
| 118 | Og | оганесон | 294 | |

Примітка: у таблиці для всіх виявлених хімічних елементів наведено порядковий номер (1), символ хімічного елемента (2), назва хімічного елемента (3), мінімальне і максимальне масове число виявлених ізотопів (4), процентний вміст ізотопів в природній суміші (округлене значення), тобто масове число ізотопів A , які мають процентний вміст ізотопу в природній суміші більше 1% (5).

Ядерні сили.

Ядерні сили – це відкритий у середині ХХ століття новий тип взаємодій у фізиці.



Детальніше:

Ядерні сили виявилися набагато складнішими у порівнянні із електромагнітними і гравітаційними.

Встановлено: - ядерні сили, які мають характер тяжіння на відстані $\sim 1 \div 5$ Фм, змінюються силами відштовхування на відстані $< 0,5$ Фм; - концепція мезонного обміну особливо добре працює на порівняно великих відстанях (> 2 Фм), на яких можна не враховувати внутрішню структуру мезонів і розглядати їх як точкові частинки [39, 40].

На рисунку 2.20 відображаються принципи нейтрон-протонної взаємодії, яка здійснюється однопійонним обміном на прикладі простої із ряду можливих діаграм пр-взаємодії, оскільки у ній у даному випадку залучено

лише по одному валентному кварку кожного нуклона - d (нейтрон) і u (протон).

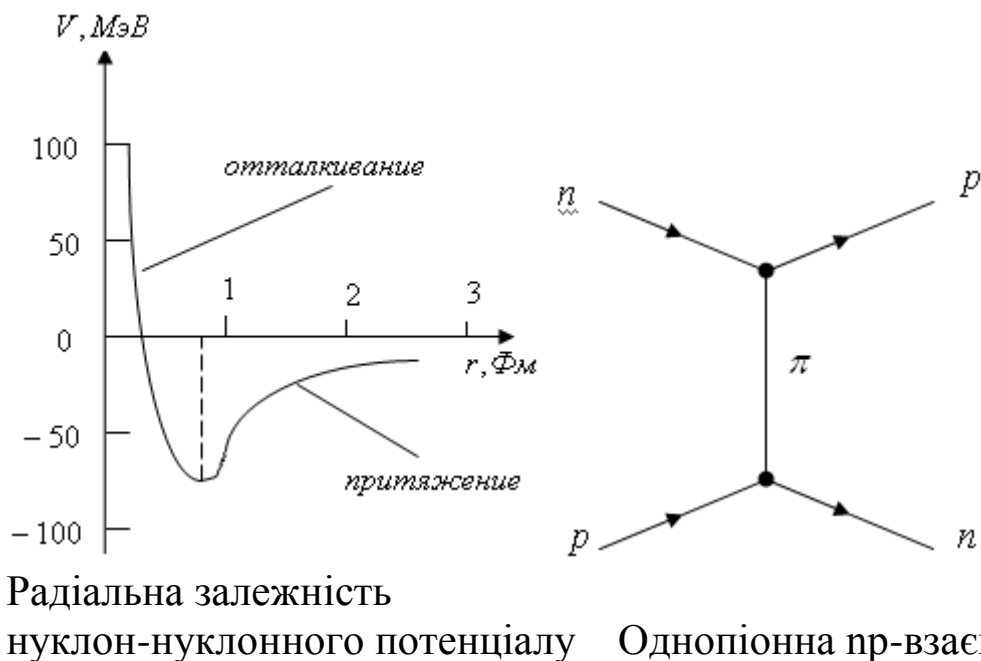


Рис. 2.20. Ілюстрація найпростішої нейтрон-протонної взаємодії [39, 40].



Детальніше:

Використовуючи зв'язок між радіусом сил a й масою m переносника взаємодії, можна описати:

$$a = \hbar/mc,$$

яка впливає із співвідношення невизначеностей для віртуальної частинки, отримуємо при характерній ядерній відстані $a \approx 1,5$ Фм [1, 4, 40]:

$$m_{\pi} c^2 \frac{\hbar c}{a} \approx \frac{200 \text{ МэВ} \cdot \text{Фм}}{1,5 \text{ Фм}} \approx 130 \text{ МэВ}.$$

Діаграми N-N взаємодій

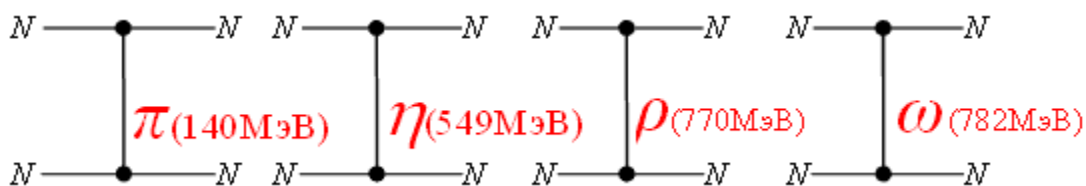


Рис. 2.21. Ілюстрація нуклонових взаємодій [40].



Детальніше:

Встановлено, що: - піони описують NN взаємодію на відстанях 1,5-2 Фм; - на менших відстанях повинен відбуватися обмін важчими мезонами - $\omega(m_\omega c^2=782 \text{ MeV})$, $\eta(m_\eta c^2=549 \text{ MeV})$, $\rho(m_\rho c^2=770 \text{ MeV})$; - особливу роль у аспекті відстаней відіграє обмін ω мезоном; - характер взаємодії залежить від спіну частинки, яка переносить взаємодію; - обмін векторними частками $J=1$ призводить до відштовхування між нуклонами; - це відштовхування є аналогом відштовхування двох однойменних зарядів у електростатиці; - обмін скалярними мезонами $J=0$ приводить до виникнення тяжіння між нуклонами [1, 4, 40, 64].

Таблиця 2.9.

Характеристики нуклонових взаємодій [40].

| | π | η | ρ | ω |
|-------|----------|----------|----------|----------|
| J^P | $0^-(1)$ | $0^-(0)$ | $1^-(1)$ | $1^-(0)$ |

- Сучасне розуміння фундаментальної будови ядра атома ґрунтується на адронній моделі. Ядро атома побудовано з адронів, а нейтрон і протон - це види адронів [19, 26, 29, 40, 64].



Детальніше:

У 1930-х роках було розпочато активне вивчення структури ядра атома.

У 1932 році були відкриті нейтрони, встановлено, що маса нейтрона практично дорівнює масі протона, протон і нейтрон мають схожу силу ядерної взаємодії і що їх можна вважати двома проявами однієї і тієї ж частинки - нуклона: протон - це електрично заряджений нуклон, а нейтрон - це нейтральний нуклон.

У 1940-50-ті роки ХХ століття в реакціях зіткнення протонів із ядрами різних елементів наука стала відкривати значну кількість нових частинок, які не вкладалися в існуючу концепцію будови атома, тому були названі «дивними». Всі нові частинки володіли двома загальними властивостями:

- 1) дивні частинки, як і нуклони, активно брали участь у ядерних взаємодіях;
- 2) дивні частинки були нестабільними.

До кінця 1950-х років ХХ століття було відкрито багато різних дивних частинок. Їх почали порівнювати одна із одною, відзначили загальну симетричність, періодичність їх властивостей і була висловлена гіпотеза, що всередині всіх дивних частинок і нуклонів знаходяться більш прості частинки

– так звані «кварки», комбінація яких і утворює різні дивні частинки, причому саме такого типу і з такими властивостями, які виявлялися в експерименті.

У 1962 році при переході від моделі С. Саката (яп. 坂田 昌, 1911-1970, Японія), яка описувала сильну взаємодію частинок, до кваркової теорії, фізик Л.Б. Окунєв (1929-2015, СРСР-Росія) запропонував використовувати для назви дивних частинок, які беруть участь у сильній взаємодії, термін - «адрони», а для елементарних частинок, які не беруть участі у сильних взаємодіях - «аденони». Таким чином у фізиці було сформульовано уявлення про кваркову організацію адронів і стало зрозуміло, що кварки бувають декількох різних сортів та що з них можна сконструювати багато різних частинок.

У кінці 1960-х років ХХ століття в експериментах по зіткненню частинок на прискорювачах було помічено, що протони, які летять із навколосвітовою швидкістю, вели себе так, немов енергія всередині них не розподілена рівномірно, а сконцентрована в окремих компактних об'єктах. Ці згустки речовини всередині протонів знаменитий фізик Р. Фейнман запропонував називати «*партонами*» (від англ. *part* - частина). У наступних експериментах було вивчено багато властивостей партонів (електричний заряд, їх кількість, частка енергії). Було встановлено, що заряджені партони - це кварки, а нейтральні партони - це глюони, які в системі спокою протона «склеюють» кварки один із одним, а в русі виявляються самостійними партонами і поряд з кварками несуть «речовину» й енергію швидко летючого протона. Досліди довели, що приблизно половина енергії збережена у кварках, а половина - у глюонах. Таким чином було відкрито, що ядро атома складається з адронів, а нейтрон і протон - це види адронів [3, 19, 26, 29, 40, 64].

- *Адрони* - це складові частинки ядра, що складаються із кварків або антикварків, які беруть участь у сильній взаємодії за рахунок силового поля ядерної взаємодії (глюонових сил) [19, 39].

- *Ядерна сильна взаємодія* - це тяжіння, яке забезпечує стійкість ядер незважаючи на відштовхування однойменно заряджених протонів [17, 39, 40].



Детальніше:

Встановлені наступні *особливості ядерних (глюонових) сил взаємодії*: - малий радіус дії ядерних сил ($R \sim 1 \text{ Фм}$), тобто *являється короткодійчими силами*, які проявляються лише на вельми малих відстанях між нуклонами в ядрі порядку 10^{-15} м ; - довжина $(1,5-2,2) \cdot 10^{-15} \text{ м}$ називається *радіусом дії ядерних сил*; - ядерні сили перевершують по величині електромагнітні у сто разів; - радіус дії ядерних сил можна порівняти із розмірами самих частинок; - тяжіння між нуклонами на великих відстанях ($r > 1 \text{ Фм}$), змінюється відштовхуванням на малих ($r < 0,5 \text{ Фм}$), тобто частинки у ядрі утримуються дуже міцно, але частинки того ж заряду, що знаходяться поза ядром, дуже

сильно відштовхуються, через що ядра атомів, а відповідно, хімічні і фізичні властивості речовин є стійкими; - велика величина ядерного потенціалу $U \sim 50$ MeV; - залежність ядерних сил від спін-взаємодіючих частинок; - тензорний характер взаємодії нуклонів; - ядерні сили залежать від взаємної орієнтації спінового й орбітального моментів нуклона (спін-орбітальні сили); - ядерна взаємодія має властивість насичення; - зарядова незалежність ядерних сил; - обмінний характер ядерної взаємодії; - взаємодія між нуклонами виникає в наслідок випускання і поглинання квантів ядерного поля - π -мезонів (вони визначають ядерне поле за аналогією з електромагнітним полем, яке виникає як наслідок обміну фотонами) [26, 29, 39, 64].

- Адронізація - це процес утворення адронів.



Детальніше:

Спрощене викладення уявлень про принцип адронізації полягають у тому, що має місце конфайнмент/утримання кварків всередині адрона за рахунок сильного силового поля ядерної взаємодії, носієм якого є глюони. Особливість сильної ядерної взаємодії полягає у тому, що глюони «відчувають» один одного, взаємодіють один із одним, посилюючись при цьому і таким чином, при наданні їм простору, вони могли б забезпечити суттєве зростання енергії у ньому. Однак це нераціонально з погляду природного розподілу енергії. Тому логічно, що перерозподіл енергії (наприклад, при експериментальному руйнуванні адрону і спробі звільнити кварк) породжує нові кварк-антикваркові пари - енергія поля сильної ядерної взаємодії зв'язується і не поширюється на простір. При спробі зруйнувати адрон, наприклад, протон і вивільнити із нього кварк, відбувається породження глюоновим полем нової кварк-антикваркової пари - адронізація (рис. 2.22.) [19].

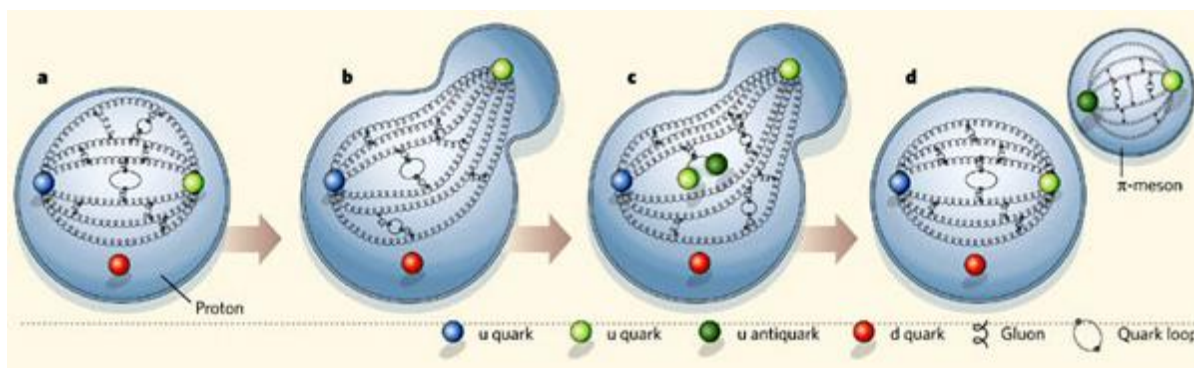


Рис. 2.22. Ілюстрація поетапного процесу адронізації із сайту www.nature.com [19].



Детальніше:

Властивість кварків «відчувати» глюонове поле/поле сильної взаємодії отримало назву «колір». Кольорів у кварків три і три протилежних кольори - у антикварків. Комбінації кварків у адронах не довільні. Адрони утворюються при такому поєднанні кварків, при якому всі кольори «скорочуються», тобто утворюються безбарвні комбінації (три кварка із трьома різними кольорами або кварк і антикварк із протилежним кольором).

Наївна кваркова модель - це схема, по якій кварки групуються по двоє-трое і стають безбарвними адронами.

Недоліки наївної кваркової моделі: (1) модель не пояснює причини об'єднання кварків по двоє та троє; (2) судячи з усього вона не досконала, тому що із 2000-х років з'явилися експериментальні дані про отримання «екзотичних» адронів (всі вони мезони; підтверджених даних щодо пентакварків і інших екзотичних баріонів доки що немає), які не вписуються у дану модель [19].

- Мезони - це адрони, які складаються із кварк-антикваркової пари [19].

- Баріони - це адрони, які складаються із трьох кварків [19].

- Антибаріони - це адрони, які складаються із трьох антикварків [19].

- *Енергія зв'язку ядра* - це мінімальна енергія, яка необхідна для розщеплення ядра на окремі нуклони. Оскільки ядерні сили (енергія ядерного зв'язку) напряму виміряти складно, то визначаються вони опосередковано із розрахунку, що енергія, яка потрібна для розриву зв'язку нуклонів у ядрі, буде дорівнювати або буде більшою за енергію, яка утримує нуклони разом [1, 4, 26].

- 1905 рік - А. Ейнштейн встановив *закон про взаємозв'язок маси і енергії*.



Детальніше:

Основні положення: - енергія пов'язана із масою тіла прямо пропорційно;
 - енергія зв'язку ядра буде залежати від маси частинок, які складають це ядро;
 - внутрішня енергія системи частинок або енергія спокою пов'язана прямо пропорційно із масою частинок, які складають цю систему [4, 26, 37]:

$$E = mc^2$$

де E - енергія спокою, m - маса тіла, c - швидкість світла.

$$[E] = 1 \text{ Дж} \quad [m] = 1 \text{ кг} \quad [c] = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

- *Енергія зв'язку нуклона в ядрі* - це фізична величина, що дорівнює тій роботі, яку потрібно зробити для видалення нуклона з ядра без надання йому кінетичної енергії [4, 26].
- *Ефект дефекту мас* характеризує зменшення сумарної маси при утворенні ядра з складових його нуклонів [4, 26].



Детальніше:

Із закону збереження енергії випливає, що при утворенні ядра повинна виділятися така енергія, яку потрібно затратити при розщепленні ядра на складові його нуклони. Енергія зв'язку ядра є різницею між енергією всіх вільних нуклонів, які утворюють ядро, і їх енергією в ядрі. При утворенні ядра відбувається зменшення його маси: маса ядра менше, ніж сума мас складових його нуклонів. Зменшення маси ядра при його утворенні пояснюється виділенням енергії зв'язку.

Питомою енергією зв'язку ядра називається енергія зв'язку, яка припадає на один нуклон. Величина енергії зв'язку становить у середньому 8 МеВ/нуклон. Маса і енергія виносяться фотонами, що виділяються. У цьому полягає ефект дефекту мас. Маса ядра завжди менше суми мас нуклонів, що становлять це ядро. Існування дефекту мас підтверджено експериментально [1, 4, 26, 39, 40].

- Доведено аспект різного складу ядра атома в спокої і при прискоренні до швидкості близької до швидкості світла.



Детальніше:

Встановлено, що твердження, що протон складається із трьох кварків вірно для протона у стані спокою або такого, який повільно рухається. При швидкості близької до швидкості світла відбувається енергетичний вплив на нього і склад протона змінюється в наслідок народження у ньому нових кварків, антикварків і т.п. – так званих партонів. При цьому протон пор (рис. 2.23) [1, 4, 19].

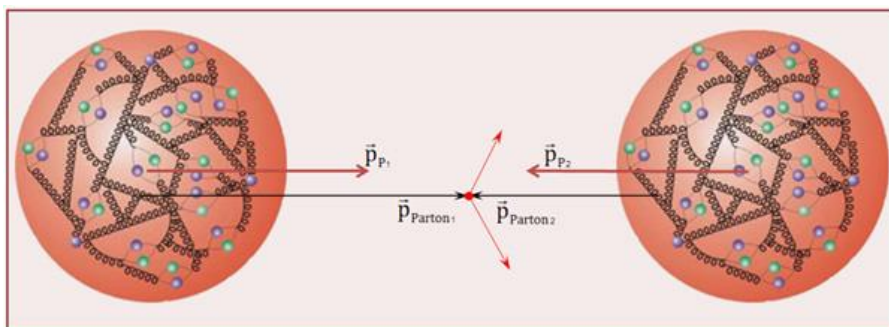


Рис. 2.23. Ілюстрація процесу зштовхування протонів при русі з навколо світловою швидкістю із сайту kjende.web.cern.ch [19].

- Атомарне ядро має дискретний спектр власних значень енергії.
- *Основний стан* - це стан із найбільшою енергією зв'язку ядра, тобто з найменшою повною енергією E .
- *Збуджений стан* - це стан із більшою повною енергією [1, 4].



Детальніше:

У квантовій фізиці стан системи описується хвильовою функцією $\psi(x, y, z, t)$. Оскільки для квантової частинки не можна одночасно точно визначити значення її координат і імпульсу, то не можна стверджувати про рух частинки по певній траєкторії, а можна лише визначити ймовірність знаходження частинки у даній точці у даний момент часу. Точка можливого положення визначається квадратом модуля хвильової функції $W \sim |\psi(x, y, z)|^2$.

Еволюція квантової системи у нерелятивістському випадку описується хвильовою функцією, що задовольняє рівняння Шредінгера [4, 27, 69, 84]:

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = \hat{H}\psi,$$

де \hat{H} - оператор Гамільтона (оператор повної енергії системи).

У нерелятивістському випадку:

$$\hat{H} = \hat{p}^2/2m + \hat{U}(r),$$

де m - маса частинки, \hat{p} - оператор імпульсу, $\hat{U}(x, y, z)$ - оператор потенційної енергії частинки.

Задати закон руху частинки в квантовій механіці - це означає визначити значення хвильової функції у кожен момент часу в кожній точці простору. У стаціонарному стані хвильова функція $\psi(x, y, z)$ є рішенням стаціонарного рівняння Шредінгера $\hat{H}\psi = E\psi$. Як і будь-яка пов'язана система в квантовій фізиці, ядро має дискретний спектр власних значень енергії. Стан із найбільшою енергією зв'язку ядра, тобто із найменшою повною енергією E , називають основним. Стани з великою повною енергією - збуджені. Нижньому по енергії стану приписується нульовий індекс і енергія $E_0 = 0$:

$$E_0 \rightarrow Mc^2 = (Zm_p + Nm_n)c^2 - W_0;$$

W_0 - енергія зв'язку ядра в основному стані.

Енергії $E_i (i = 1, 2, \dots)$ збуджених станів відраховуються від основного стану.

Нижні рівні ядра дискретні. При збільшенні енергії збудження середня відстань між рівнями зменшується. Зростання щільності рівнів зі збільшенням енергії є характерною властивістю багаточасткових систем. Він пояснюється тим, що зі збільшенням енергії таких систем швидко зростає число різних способів розподілу енергії між нуклонами [4, 24, 39, 43, 52, 63].

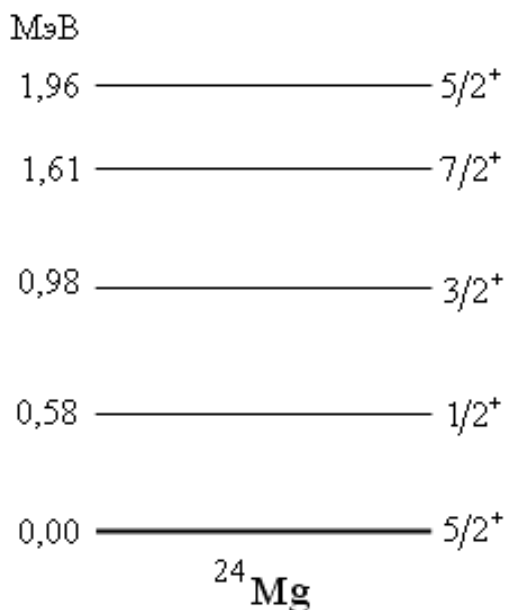


Рис. 2.24. Схема енергетичних рівнів ядра атома магнію [39].

- Атомне ядро і атом - це приклади квантових систем, які характеризуються квантовими числами - цілими або дробовими, але визначають можливі значення фізичних величин [4, 39, 84].



Детальніше:

Квантові числа відображають дискретність (квантованність) фізичних величин, які характеризують мікросистему.

Набір квантових чисел, який вичерпно описує мікросистему, називають повним.

Стан нуклона у ядрі характеризується чотирма квантовими числами:

- 1) головним квантовим числом n (може приймати значення 1, 2, 3, ...), який визначає енергію E_n нуклона;
- 2) орбітальним квантовим числом $l=0, 1, 2, \dots, n$, яке визначає величину L орбітального моменту кількості руху нуклона ($L=\hbar[l(l+1)]^{1/2}$);
- 3) квантовим числом $m \leq \pm l$, яке визначає напрямок вектору орбітального моменту;
- 4) квантовим числом $m_s = \pm 1/2$, яке визначає напрямок вектору спіну нуклона.

Стан нуклона в ядрі можна також характеризувати іншим набором квантових чисел n, l, j, j_z .

Вибір набору квантових чисел зумовлений зручністю опису квантової системи. Існування зберігаючих (незмінних у часі) фізичних величин для даної системи тісно пов'язане із властивостями симетрії цієї системи. Зовнішнє збудження може порушувати симетрію системи, і це призведе до зміни самих квантових чисел. Наприклад, фотон, поглинений атомом водню, може

перевести електрон в інший стан з іншими значеннями квантових чисел [4, 5, 49].

Крім квантових чисел, що характеризують просторово-часову симетрію мікросистеми, істотну роль у цьому відіграють так звані внутрішні квантові числа частинок. Ряд із них, такі як спін і електричний заряд, зберігаються у всіх взаємодіях, інші в деяких взаємодіях не зберігаються. Атомне ядро в кожному стані характеризується повним моментом кількості руху. Цей момент в системі спокою ядра називається *спіном ядра* [39, 45, 49].

Таблиця 2.10.

Квантові числа [49].

| | |
|---|--|
| n | Головне квантове число: $n=1, 2, \dots \infty$. |
| j | Квантове число повного кутового моменту j ніколи не буває негативним і може бути цілим (включаючи нуль) або напівцілим в залежності від властивостей даної системи. Величина повного кутового моменту системи J пов'язана із j співвідношенням: $J^2 = \hbar^2 j(j+1)$. $\vec{J} = \vec{L} + \vec{S}$ де \vec{L} і \vec{S} вектори орбітального і спінового кутових моментів. |
| l | Квантове число орбітального кутового моменту. l може приймати тільки цілі значення: $l=0, 1, 2, \dots \infty$. Величина орбітального кутового моменту системи L пов'язана із l співвідношенням $L^2 = \hbar^2 l(l+1)$. |
| m | Проекція повного, орбітального або спінового кутового моменту на виділену вісь (зазвичай вісь z) дорівнює $m\hbar$. Для повного моменту $m_j = j, j-1, j-2, \dots, -(j-1), -j$. Для орбітального моменту $m_l = l, l-1, l-2, \dots, -(l-1), -l$. Для спінового моменту електрона, протона, нейтрона, кварка $m_s = \pm 1/2$ |
| s | Квантове число спінового кутового моменту. s може бути або цілим, або напівцілим. s - незмінна характеристика частинки, яка визначається її властивостями. Величина спінового моменту S пов'язана із s співвідношенням $S^2 = \hbar^2 s(s+1)$ |
| P | Просторова парність. Вона дорівнює або $+1$, або -1 і характеризує поведінку системи при дзеркальному відображенні $P = (-1)^l$. |



Детальніше:

Для ядра виконуються наступні правила [40, 49]:

- а) A - парне $J=n$ ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$), тобто. ціле;
- б) A - непарний $J = n + 1/2$, тобто. напівціле.

в) правило у *парно-парних ядер в основному стані* $J_{gs}=0$ (встановлено експериментально; вказує на взаємну компенсацію моментів нуклонів в основному стані ядра - особлива властивість міжнуклонної взаємодії).

- Ізоспін атомних ядер являється ще однією характеристикою ядерних станів [1, 4, 23, 49].



Детальніше:

Ядро (A, Z) складається із A нуклонів і має заряд Ze , який можна представити у вигляді суми зарядів нуклонів q_i , виражених через проекції їх ізоспіном (I_i)₃:

$$Ze = \sum_{i=1}^A e \left[\frac{1}{2} + (I_i)_3 \right] = e \left(\frac{A}{2} + I_3 \right),$$

де

$$I_3 = \sum_{i=1}^A (I_i)_3 = Z \left(+\frac{1}{2} \right) + N \left(-\frac{1}{2} \right) = \frac{Z - N}{2}$$

- проекція ізоспіна ядра на вісь 3 ізоспінового простору.

Повний ізоспін системи нуклонів A

$$\vec{I} = \sum_{i=1}^A \vec{I}_i.$$

Усі стани ядра мають значення проекції ізоспіна $I_3=(Z-N)/2$.

У ядрі, що складається із A нуклонів, кожен з яких має ізоспін $1/2$, можливі значення ізоспіна від $|N - Z|/2$ до $A/2$:

$$|N - Z| / 2 \leq I \leq A / 2.$$

Мінімальне значення $I = |I_3|$. Максимальне значення I рівне $A/2$ і відповідає всім \vec{I}_i , спрямованим у одну сторону. Дослідним шляхом встановлено, що енергія збудження ядерного стану тим вища, чим більше значення ізоспіну. Тому ізоспін ядра в основному та низькозбуджених станах має мінімальне значення

$$I_{gs}=|I_3| = |Z - N|/2.$$

Електромагнітна взаємодія порушує ізотропію ізоспінового простору. Енергія взаємодії системи заряджених частинок змінюється при поворотах у ізопросторі, так як при поворотах змінюються заряди частинок і в ядрі частина протонів переходить у нейтрони або навпаки. Тому реально ізоспінова симетрія не точна, а наближена [49].

- В залежності від будови атомні ядра бувають: стабільні і нестабільні (радіоактивні).



Детальніше:

Основні положення [1, 49, 89, 92]:

- стабільні ізотопи - ізотопи, які мають період напіврозпаду, який можна порівняти із часом існування Землі, ~ 350 ;
- більшість ядер є нестабільними ізотопами;
- щоб радіоактивну речовину вдалося виявити у природі, то вона повинна мати період напіврозпаду не набагато менший віку Землі або вона повинна утворюватися в результаті розпаду іншої радіоактивної речовини або в ядерній реакції;
- поряд із α -, β -, γ -радіоактивністю, розподілом атомних ядер були відкриті нові типи радіоактивного розпаду (подвійний β -розпад, протонна радіоактивність, двохпротонна радіоактивність, нейтронна радіоактивність, кластерна радіоактивність);
- у всіх видах радіоактивності (крім гамма-радіоактивності) змінюється склад ядра - число протонів Z , масове число A чи і те й інше;
- на характеристики радіоактивного розпаду істотно впливають взаємодії, які викликають розпад.

- Види розпаду ядер в залежності від взаємодії [1, 23, 49, 89]:
 - альфа-розпад викликається сильною взаємодією;
 - бета-розпад викликається слабкою взаємодією;
 - гамма-розпад – електромагнітною взаємодією.
- Причини зміни часу життя нестабільних ядер [1, 23, 49]:
 - а) емісія важких позитивно заряджених частинок сильно пригнічується потенційним (кулонівським) бар'єром;
 - б) причиною великого часу життя радіоактивних ядер може бути мала інтенсивність взаємодії, за рахунок якої відбувається розпад;
 - в) час життя радіоактивного ядра сильно залежить від енергії, яка виділяється при розпаді (якщо ця енергія мала, то час життя різко зростає; особливо різкою залежністю від енергії розпаду Q характеризується слабка взаємодія: $\tau \sim 1/Q^5$);
 - г) час життя радіоактивного ядра сильно залежить від різниці значень спінів вихідного і кінцевого ядер.

▪ **Альфа-розпад.**



Детальніше:

Альфа-розпад - це тип радіоактивного мимовільного розпаду важких ядер із випусканням α -частинок (ядер атома гелію, які складаються із пов'язаних один із одним двох протонів і двох нейтронів), при цьому масове число ядра зменшується на чотири одиниці, а атомний номер на дві.

Основні емпіричні особливості α -розпаду: - α -розпад відбувається на важких ядрах з $Z > 60$; - періоди напіврозпаду відомих α -радіоактивних ядер варіюються в широких межах (наприклад, ізотоп вольфраму ^{182}W має $T_{1/2} > 8,3 \cdot 10^{18}$ років, а ізотоп протактинію ^{219}Pa має $T_{1/2} = 5,3 \cdot 10^{-8}$ с; - для парно-парних ізотопів залежність періоду напіврозпаду від енергії α -розпаду Q_α добре описується емпіричним законом Гейгера-Неттола:

$$\lg T_{1/2} = A + B/\sqrt{Q_\alpha},$$

де A і B константи, які слабо залежать від Z ;

- з урахуванням заряду кінцевого ядра Z зв'язок між періодом напіврозпаду $T_{1/2}$ і енергією α -розпаду може бути представлений у вигляді:

$$\lg T_{1/2} = 9,54 \cdot Z^{0,6} / \sqrt{Q_\alpha} - 51,37,$$

де період напіврозпаду $T_{1/2}$ виражений в секундах, а Q_α в МеВ;

- Для непарно-парних, парно-непарних і непарно-непарних ядер загальна тенденція зберігається, але періоди напіврозпаду в 2-1000 разів більше, ніж для парно-парних ядер з тими ж Z і Q_α [23, 49].

На рисунку 2.25. відображаються експериментальні значення періодів напіврозпаду для радіоактивних парно-парних ядер (Z змінюється від 74 до 106) і їх опис за допомогою співвідношення Гейгера-Неттола [1, 49].

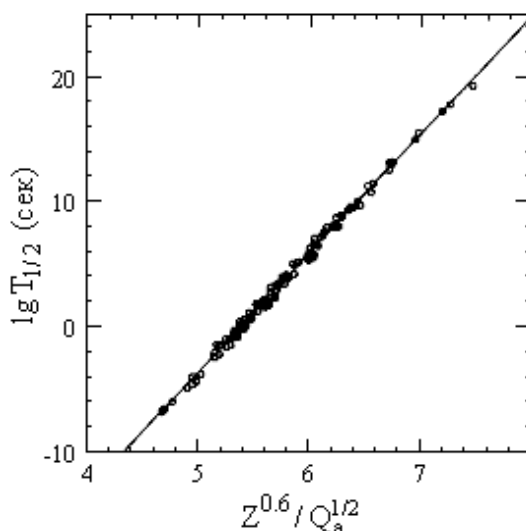


Рис. 2.25.

Експериментальні

значення періодів напіврозпаду для радіоактивних парно-парних ядер (Z змінюється від 74 до 106) [49].

■ **Бета-розпад.**



Детальніше:

Бета-розпад – це тип радіоактивного розпаду, який обумовлений слабкою взаємодією і змінює заряд ядра на одиницю без зміни масового числа із випромінюванням бета-частинки (електрона або позитрона) та нейтральної частинки із напівцілим спіном (електронне антинейтрино або електронне нейтрино) або, формулюючи інакше, явище β -розпаду полягає у тому, що ядро (A, Z) мимовільно випускає лептони 1-го покоління - електрон (позитрон) і електронне нейтрино (електронне антинейтрино), трансформуючись у ядро із тим же масовим числом A , але із атомним номером Z , на одиницю більшим або меншим.

Основні емпіричні особливості бета-розпаду:

- проблема не збереження енергії при β -розпаді була вирішена Паулі, який припустив, що у випадку β -розпаду одночасно із електроном утворюється нейтрино і загальна енергія β -розпаду розподіляється між електроном та нейтрино, і тому реєстрація енергії лише електрона призводить до удаваного незбереження енергії β -розпаду, а бракуючу енергію виносить нейтрино, реєстрація якого являє собою надзвичайно складну проблему;

- головною особливістю β -розпаду являється те, що він обумовлений слабкою взаємодією;

- бета-розпад - це процес не внутрішньоядерний, а внутрішньонуклонний (в ядрі розпадається одиночний нуклон);

- β -розпад, так само як і α -розпад, відбувається між дискретними станами початкового (A, Z) і кінцевого $(A, Z \pm 1)$ ядер і тому довгий час після відкриття явища β -розпаду було незрозуміло, чому спектри електронів і позитронів, що вилітають із ядра при β -розпаді були безперервними, а не дискретними, як спектри α -частинок.

Вивчення β -розпаду зіграло надзвичайно велику роль в розумінні процесів, що відбуваються в атомних ядрах.

Найбільш важливим елементом теорії β -розпаду Фермі було твердження, що в ядрі немає електронів. Електрон і нейтрино виникають в момент β -розпаду атомного ядра. Цей розпад аналогічний випусканню світла атомом. Світловий квант не існує в атомі, а виникає в результаті зміни стану атома [1, 4, 49].

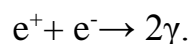
■ У теперішній час відкрито не лише явище радіоактивного β -розпаду, при якому із ядер вилітають електрони, а й явище позитронного β -розпаду, при якому з ядер вилітають позитрони [1, 4].

▪ *Концепція взаємного перетворення елементарних частинок* виникла після відкриття процесів анігіляції і народження пар елементарних частинок і змусила по-новому осмислити природу елементарних частинок: на сьогоднішній день зрозуміло, що *елементарна частинка не є незмінною «цеглинкою»/компонентом у будові матерії* [1, 8, 43, 49].



Детальніше:

Позитрон є стабільною частинкою і може в порожньому просторі існувати нескінченно довго, але при зіткненні електрона і позитрона відбувається їх взаємне знищення - анігіляція. Електрон і позитрон зникають, і замість них народжуються два γ -кванти:



Поряд із процесом анігіляції був виявлений процес народження пари електрон-позитрон. У класичній фізиці поняття частинки і хвилі різко розмежовані: одні фізичні об'єкти є частинками, а інші - хвилями. Перетворення пари електрон-позитрон в фотони стало додатковим підтвердженням уявлення про те, що між випромінюванням і речовиною багато спільного [1, 49].

▪ α -, β -, γ -спектроскопія – це класичний розділ ядерної фізики, який виник після розробки нових приладів і методів реєстрації ядерних частинок та отримання перших даних відносно енергетичних рівнів атомних ядер [1, 26, 49].



Детальніше [1, 4, 26, 49]:

Емісія атомним ядром α -, β - і γ -випромінювання була встановлена Е. Резерфордом і П. Віларді. Спочатку реєстрація цих частинок не використовувалася для вивчення структури атомних ядер. Незабаром було виявлено, що β -випромінювання ядер складається із двох компонент - безперервної компоненти і окремих дискретних ліній.

Природа безперервної компоненти β -випромінювання стала зрозуміла після припущення В. Паулі відносно існування нейтрино. Перша прийнятна теорія, яка пояснила природу безперервного β -спектру, була заснована на нейтринній гіпотезі і запропонована В. Паулі і Е. Фермі у 1933-1934 роках. Завдяки їй вдалося пояснити співвідношення між ймовірністю β -розпаду і максимальною енергією β -частинок. Була розрахована форма безперервного β спектру. Дискретна компонента β -спектра стала пояснюватись взаємодією ядра, що розпадається із електронною оболонкою атома. Спостережувані серії β -ліній інтерпретувалися як фотоелектрони, вибивані монохроматичними γ -квантами, які випускаються ядром.

Надалі ця проста модель була уточнена. Атомне ядро, яке знаходиться у збудженому стані, може зняти це збудження як шляхом випускання γ -квантів, так і в результаті прямої взаємодії із електронною оболонкою атома. При цьому випускаються електрони внутрішньої конверсії із однієї з атомних оболонок. Вимірювання коефіцієнтів внутрішньої конверсії дозволяє отримати інформацію про спіни і парності ядерних станів.

Інформація про збуджені стани атомних ядер отримується з аналізу тонкої структури α -спектрів. В результаті α -розпаду кінцеве ядро може виявитися не тільки в основному, але і в одному із збуджених станів. Вивчення тонкої структури α -спектра дає можливість отримати інформацію про збуджені стани ядер, які утворюються в ході α -розпаду. Поряд із тонкою структурою α -спектра, спостерігаються так звані довгопробіжні α -частинки. Поява α -частинок із енергією, яка перевищує основну групу α -проходів пояснюється α -розпадом із збуджених станів початкового ядра. Ймовірності α -розпаду сильно залежать не лише від енергії α -частинок, але і від різниці значень спінів станів ядер, між якими відбувається α -розпад. Істотним чинником, який впливає на можливості різноманітних каналів α -розпаду, являється перебудова ядра при α -розпаді.

Таким чином, вивчення ядерної спектроскопії дало багато інформації для розробки і перевірки різних моделей атомного ядра.

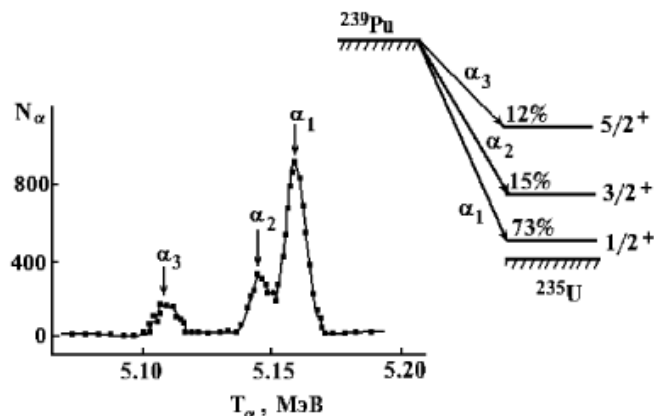


Рис. 2.26. Ілюстрація альфа-спектра випромінювання [49].

■ *Динамічне ядерне поле.*



Детальніше: Дослідження в галузі ядерної спектроскопії сприяли значному прогресу методології ядерних досліджень. Поєднання магнітного спектрометра, сцинтиляційного методу реєстрації частинок, дослідження схем збігів дало дуже значний обсяг об'єктивної інформації відносно властивостей атомних ядер. Зазначене сприяло успіху моделі ядерних оболонок. Одночасно були показані межі застосування простої моделі оболонок. Було сформовано уявлення про колективні рухи у атомних ядрах. Замість статичного ядерного поля виникло уявлення про динамічне ядерне поле, що діє на окрему частинку [49].

Таблиця 2.11.

Характеристика ядерного розпаду [49].

| Тип радіоактивного розпаду ядер | Тип частинок, що випускаються. Реакція, в якій виявлений радіоактивний розпад | Рік відкриття | Автори відкриття |
|---------------------------------|--|---------------|---|
| Радіоактивність атомних ядер | Випромінювання, що викликало потемніння фотопластинок | 1896 | A. Becquerel |
| Альфа-розпад | ${}^4\text{He}$, ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He}$ | 1898 | E. Rutherford |
| β^- -розпад | $e^- \bar{\nu}_e$, ${}^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{234}_{91}\text{Pa} + e^- + \bar{\nu}_e$ | 1898 | E. Rutherford |
| β^+ -розпад | $e^+ \nu_e$, ${}^{30}_{15}\text{P} \rightarrow {}^{30}_{14}\text{Si} + e^+ + \nu_e$ | 1934 | I. et F. Joliot-Curie |
| e-захоплення | $\nu_e p + e^- \rightarrow n + \nu_e$ протон ядра захоплює електрон атомної оболонки | 1938 | L. Alvarez |
| Гамма-розпад | γ -квант, ${}^{238}_{92}\text{U} \xrightarrow{\alpha} {}^{234}_{90}\text{Th} \xrightarrow{\beta} {}^{234}_{91}\text{Pa}$ α -, β -розпад на збуджений стан ядра | 1900 | P. Villard |
| Ядерна ізомерія | γ -квант, ${}^{234}_{91}\text{Pa}^* \xrightarrow{\gamma} {}^{234}_{91}\text{Pa}$ | 1921 | O. Hahn |
| Спонтанне ділення | два осколки порівнянної маси, ${}^{238}\text{U}$, ${}^{235}\text{U}$, ${}^{234}\text{U}$ | 1940 | Г.Н.Флеров, К.А.Петржак |
| Подвійний β -розпад | $e^- e^- \bar{\nu}_e \bar{\nu}_e$, ${}^{130}_{52}\text{Te} \rightarrow {}^{130}_{54}\text{Xe} + e^- e^- + \bar{\nu}_e \bar{\nu}_e$ | 1950 | M.G. Ingram, J.H. Reynolds |
| Протонна радіоактивність | p , ${}^{151}_{71}\text{Lu} \rightarrow {}^{150}_{70}\text{Yb} + p$ | 1981 | S. Hofmann |
| Кластерна p радіоактивність | ${}^{14}\text{C}$, ${}^{223}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{209}_{82}\text{Pb} + {}^{14}_6\text{C}$ | 1984 | H. Rose, G. Jones, Д.В.Александров |
| Двохпротонна радіоактивність | $2p$, ${}^{45}_{26}\text{Fe} \rightarrow {}^{43}_{24}\text{Cr} + 2p$ | 2002 | J. Giovinazzo, B. Blank et al. M. Pfutzner, E. Badura et al. |

Електрон і система енергетичних рівнів атома.

Атом навколо ядра має оболонку, яка складається з електронів.

- *Електронна оболонка атома* - це сукупність всіх електронів даного атому (і всіх електронних шарів атому) [1, 5, 23].
- *Електрон* - це складова частина атома, що утворює його електронну оболонку; - це фундаментальна елементарна частинка, яка не володіє внутрішньою структурою і розмірами; - це найлегша негативно заряджена частинка [1, 5, 23].



Детальніше:

Основні характеристики:

- електрон в атомі зв'язаний із центральним позитивно зарядженим ядром електростатичним притяганням;
- електрон має негативний заряд $e=1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл, масу $m_e=0,51$ МеВ/ $c^2=9,11 \cdot 10^{-28}$ г, спин $1/2$ (в одиницях \hbar), тобто є ферміоном. Магнітний момент електрона $\mu_e \gg \mu_B$, де $\mu_B = e\hbar/2m_e c$
- магнетон Бора (використана Гауссова система одиниць), що узгоджується із моделлю точковоподібної безструктурної частки (розмір електрона $< 10^{-17}$ см).
- у межах точності експерименту електрон виявляється стабільною частинкою. Час його життя складає $\tau_e > \tau_e > 4,6 \cdot 10^{26}$ років;
- електрон належить до класу лептонів, тобто не бере участі у сильній взаємодії (приймає участь у інших - електромагнітній, слабкій і гравітаційній);
- опис електромагнітної взаємодії електрона дається квантовою електродинамікою (розділ квантової теорії поля);
- наявна спеціальна характеристика, притаманна лептонам - електронний лептонний заряд $+1$;
- позитрон e^+ - це античастинка електрона, яка відрізняється від електрона знаками електричного заряду, лептонного числа і магнітного моменту [23, 49].
- у ряді випадків до електронів відносять як власне електрони, так і позитрони (наприклад, розглядаючи їх як загальне електрон-позитронне поле, рішення рівняння Дірака);
- негативно заряджений електрон називають негатроном, позитивно заряджений - позитроном;
- перебуваючи у періодичному потенціалі кристалу, електрон розглядається як квазічастинка, ефективна маса якої може значно відрізнятись від маси електрона у вакуумі;
- *вільний електрон не може поглинути фотон, хоча і може розсіяти його (ефект Комптона);*

- завдяки своїй малій масі електрони внаслідок тунельного ефекту із легкістю проникають через потенційні бар'єри висотою у кілька електрон-вольт і товщиною приблизно до десятка атомних діаметрів;

- явище тунельного ефекту для електронів пояснюється тим, що електричний струм може протікати між металевим електродом та іонами розчину або між двома металами, які знаходяться у контакті, не дивлячись на те, що поверхня металу зазвичай покрита шарами оксиду або забруднена;

- відношення електричного заряду до маси для електрона в багато разів перевищує аналогічне відношення для будь-якої іншої елементарної частинки або системи частинок;

- електрони можна отримувати із твердих тіл відносно легко порівняно із будь-якими іншими частинками [49].

Табл. 2.12.

Основні характеристики електрону [49].

| Характеристика | Чисельне значення |
|-----------------------------------|---|
| Спін J, \hbar | 1/2 |
| Маса $m_e c^2, \text{MeV}$ | 0,51099892±0,00000004 |
| Електричний заряд, Кулон | $(1,60217653 \pm 0,00000014) \cdot 10^{19}$ |
| Магнітний момент, $e\hbar/2m_e c$ | 1,001159652187±0,000000000004 |
| Час життя $\tau, \text{роки}$ | $>4,6 \cdot 10^{26}$ |
| Лептонне число L_e | 1 |
| Лептонні числа L_μ, L_τ | 0 |

▪ Електрон в атомі виконує функцію «енергетичного носія» і може перебувати в різних *енергетичних станах*: основному і в збуджених [1, 4, 49].

▪ *Енергетичний рівень* - це те значення енергії, яке приймає електрон в атомі [1, 4, 49].

▪ *Енергетичний шар* - це поняття, введене для пояснення розподілу електронів в атомі; - це сукупність електронів одного енергетичного рівня; - це сукупність електронів, що мають однакове квантове число; - це шар, що складається хоча б з одного електрона [4, 49].

▪ *Енергетичний спектр електрона* - це набір власних значень енергії електрона, який може бути представлений у вигляді системи енергетичних рівнів [1, 29, 4].

▪ *Система енергетичних рівнів атома відображає особливості руху електронів в даному атомі* [29, 34, 49].



Детальніше:

Енергія атома або молекули може приймати лише деякі певні (дискретні) значення. Цим значенням відповідають енергетичні рівні. Перехід атома (молекули) із одного енергетичного рівня на інший відбувається стрибком - це є так званий квантовий перехід.

Квантові переходи атома або молекули обумовлені різними причинами (наприклад, квантові переходи мають місце при взаємодії атомів і молекул з оптичним випромінюванням, тощо) [1, 29, 34, 49].

- Атоми кожного хімічного елемента характеризуються своєю системою енергетичних рівнів [1, 4, 29, 34, 49].
 - Структура енергетичних рівнів молекули відображає три типи рухів: 1) електронні рухи, 2) коливання атомів в молекулі, 3) обертання молекули. З цієї причини система рівнів у молекули складніша, ніж у атома [1, 4, 29, 34, 49].
 - Характерні відстані між рівнями енергії електронних рухів атома складають приблизно 1-5 eV [1, 4, 29, 34, 49].
 - Характерні відстані між рівнями коливальних рухів атома становлять близько 0,1eV, оберतालними рівнями - близько 0,01 eV і менше [1, 4, 29, 34, 49].
 - В залежності від енергетичного стану електронів атом може знаходитися у різних енергетичних станах: основному і збудженому [1, 4, 29, 34, 49].
- *Основний стан атома* - це стан при якому всі електрони в атомі знаходяться на своїх основних рівнях [34].
- *Збуджений стан атома* - це стан при якому один або більше з його електронів знаходиться на більш високому енергетичному рівні [34].



Детальніше:

Будь-якій комбінації квантових чисел n , l , m_l відповідає певний енергетичний рівень. Поглинання і випускання енергії атомом пов'язано із переходом електрона між енергетичними рівнями. Такі переходи названі чисто електронними переходами. У разі багатоелектронних атомів і молекул слід говорити про енергетичні рівні атома або молекули, а не про рівні окремих електронів, так як енергію поглинають або випускають атом, або молекула в цілому. У багатоелектронних атомах випускання світла обумовлено переходами валентних електронів. Переходи ближчих до ядра електронів призводять до виникнення рентгенівського випромінювання. Довжина хвилі випромінювання може бути визначена за формулою: $\lambda = hc/(W_k - W_i)$, де W_k і W_i є енергіями відповідних рівнів. Система енергетичних рівнів є індивідуальною

для кожного атома, тому спектр атомів має лінійний характер і є характерним для кожного конкретного елемента. Математично система енергетичних рівнів розраховується на підставі рішення рівняння Шредінгера без урахування спіну електрона. Найпростіший приклад - система енергетичних рівнів атома водню (рис. 2.27) [25, 34].

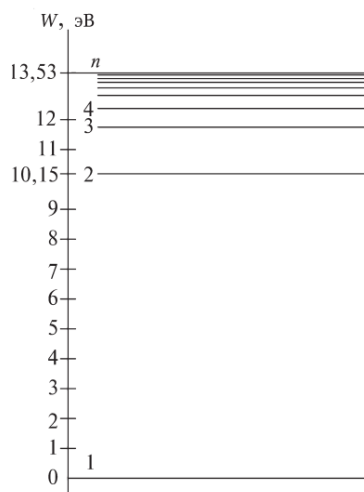


Рис. 2.27. Енергетичні рівні атома водню [34].

- Розщеплення енергетичних рівнів обумовлює розщеплення спектральних ліній, які складаються з декількох близько розташованих компонент (наприклад, для натрію жовта лінія складається з двох близьких ліній із довжинами хвиль 589 нм і 589,6 нм) і називаються *мультиплети*. Число компонентів у мультиплеті може дорівнювати двом (дублети, як у натрію), трьом (триплети), чотирьом (квартети), тощо. Для пояснення розщеплення енергетичних рівнів було введено поняття *спіну* [34].
- Залежно від сумарного спіну атома енергетичні рівні багатоелектронних атомів можна класифікувати [34].



Детальніше:

1) *синглетний енергетичний рівень* - рівень із мультиплетністю, який дорівнює одиниці; виникає в атомах із парним числом електронів при антипаралельній орієнтації електронних спінів, що обумовлює сумарний спін рівний $s=0$ (наприклад, основний стан атома He);

2) *дублетний енергетичний рівень* - рівень, коли стану у спектрі відповідають два близьких підрівні - дві близькі лінії; виникає, якщо в атомі є один неспарений електрон, тоді

сумарний спін атома може приймати одне значення - $s=1/2$, а проекція спіна приймає два значення - $m_s=\pm 1/2$; при них енергія атома буде трохи відрізнятися, а це означає, що відповідний енергетичний рівень розщеплюється на два близьких підрівні; дублетні рівні характерні для лужних металів;

3) *триpletний енергетичний рівень* - рівень, коли стану у спектрі відповідають три близькі лінії; виникає при наявності в атомі двох неспарених електронів, коли сумарний спін може приймати два значення: $s_1=0$ (спіни антипаралельні, синглетний стан) і $s_2=1$ (спіни паралельні, триpletний стан), відповідно в першому випадку $m_s=0$, а в другому $m_s=0, +1, -1$, тобто проекція повного спіна приймає три значення.

- Мультиpletність спектральних ліній, пов'язана зі спіном, називається *тонкою структурою спектра* [1, 26, 34].

- Система енергетичних рівнів атома є досить складною і передбачає велику кількість різних переходів електронів. Не всі переходи електронів можливі. Сформульовано спеціальні правила відбору, які визначають, які квантові переходи є дозволеними (ймовірність переходу велика), а які заборонені. Заборона може бути строгою (ймовірність переходу дорівнює нулю) і наближеною (ймовірність переходу мала, але відмінна від нуля). Правила відбору визначають можливі зміни квантових чисел при переході, оскільки стан атома характеризується за допомогою цих чисел [1, 34, 49].

- Правила відбору [1, 34, 49]:

1) *правило відбору - наслідок закону збереження моменту імпульсу;*



Детальніше:

Основні положення: при емісії або поглинанні кванта світла можливий лише такий перехід електрона із одного рівня на інший, при якому орбітальне квантове число змінюється на одиницю: $\Delta l=\pm 1$, тобто електрон не може перейти з рівня s ($l=0$) на рівень d ($l=2$), а може перейти на рівень p ($l=1$); причина цього у тому, що фотон має власний момент імпульсу (спін), який дорівнює одиниці і при емісії фотон забирає з атома цей момент, а при поглинанні його привносить.

2) *правило відбору - наслідок зміни мультиpletності стану;*



Детальніше:

Основні положення: дозволеними являються переходи, при яких загальний спіні атому не змінюється: $\Delta s=0$; перехід із синглетного стану у триплетний (або навпаки) є забороненим, але ця заборона не є суворою, просто ймовірність такого переходу дуже мала; рівень, перехід із якого на більш низькі рівні має малу ймовірність (заборонений), називається *метастабільним*; внаслідок малої ймовірності переходу в основний стан атоми можуть перебувати у метастабільному стані значно довше, ніж в будь-якому іншому збудженому стані.

- **Хвильова модель електронної оболонки атома Е. Шредінгера** відображається у вигляді орбіталі і лежить в основі всіх взаємодій у квантової хімії та квантового способу опису матерії [4, 34].



Детальніше:

Після того, як стало зрозуміло, що електрони в атомі не обертаються навколо ядра у вигляді «крапок» і що з урахуванням їх хвильової функції неможливо встановити їх знаходження у конкретний момент часу у певному місці, то була розроблена *хвильова модель електронної оболонки атома*. Електронну хмаруприйнято відображати у вигляді орбіталі.

Орбіталь - це графічне відображення математичного результату опису електрона на підставі рішення рівняння Шредінгера для електрона.

Орбіталь - це функція декартових координат електрона, тобто вектора із координатами x, y, z , яка не має самостійного фізичного сенсу (сєнс має лише її квадрат, а якщо хвильова функція комплексна, то квадрат її модуля), що визначає ймовірність знайти електрон у даній ділянці простору та математично відображає зони максимально можливого знаходження електрона. Таким чином енергетичний стан електронів в атомі описується хвильовими функціями - атомними орбіталями [4, 34].

- Атомні орбіталі класифікуються залежно від форми, яка визначається значенням орбітального квантового числа (s-, p-, d-, f-орбіталі) (рис. 2.28) [1, 4, 34, 49].



Детальніше:

- сферична орбіталь електронів характерна для s-електронів;
- гантелеподібна (форма об'ємних вісімок) орбіталі електронів характерна для p-електронів;
- гантелеподібна форма із розташуванням у трьох взаємно перпендикулярних напрямках характерна для d- і f-орбіталей.

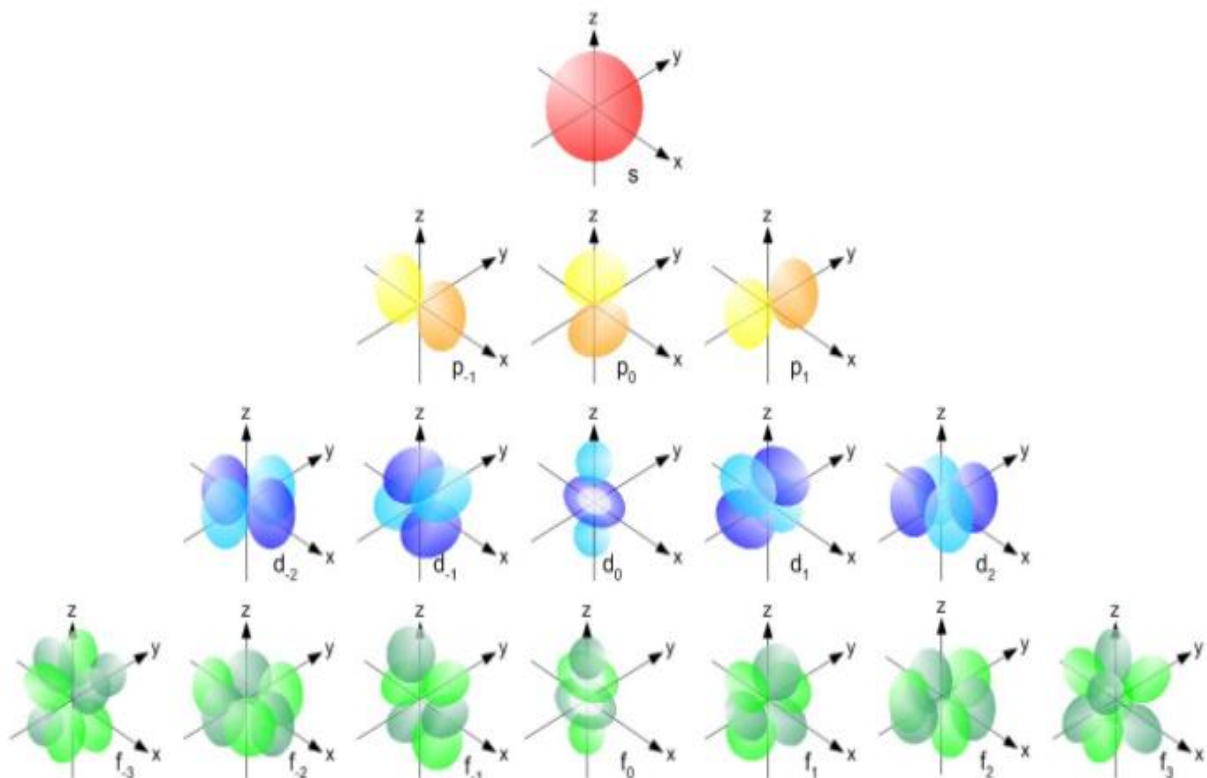


Рис. 2.28. Форми атомних орбіталей із сайту www.khanacademy.org [104].

- Атомні орбіталі, які використовуються для утворення зв'язків, називаються валентними орбіталями [4, 34].

Квантово-механічні особливості будови атомів живих систем.

З позиції системної медицини і для формулювання магнітоелектрохімічної теорії обміну речовин необхідно розуміння квантово-механічних особливостей організації атомів живих біологічних систем.

- Живі біологічні системи/біологічні молекули на 99% складаються із атомів вуглецю (C), водню (H), кисню (O), азоту (N). Атоми фосфору (P), сірки (S) також мають велике значення в біологічному хімізмі [16, 31, 34, 46].

- Перша принципова квантово-механічна особливість атомів живих систем [34]:

усі елементи живих систем (C, N, O, P, S) за винятком атома водню містять p-електрони, а саме:

- *вуглець* - два неспарених p-електрони на другому енергетичному рівні ($2p_x$ і $2p_y$ -орбіталі);

- *азот* - три неспарених p-електрони на другому енергетичному рівні ($2p_x, 2p_y, 2p_z$);

- *кисень* - два спарених ($2p_x$) і два неспарених ($2p_y$ і $2p_z$) p-електрони на другому енергетичному рівні;

- *фосфор* - шість спарених ($2p_x, 2p_y, 2p_z$) p-електронів на другому енергетичному рівні і три неспарених ($3p_x, 3p_y, 3p_z$) p-електрони на третьому енергетичному рівні;

- *сірка* - вісім спарених ($2p_x, 2p_y, 2p_z, 3p_x$) і два неспарених ($3p_y, 3p_z$) p-електронів.

- Друга принципова квантово-механічна особливість атомів живих систем [34]:

в основному стані атоми, що утворюють живу матерію (H, C, N, O, P, S) не мають d- і f-орбіталей електронів, які з'являються тільки в їх збудженому стані.



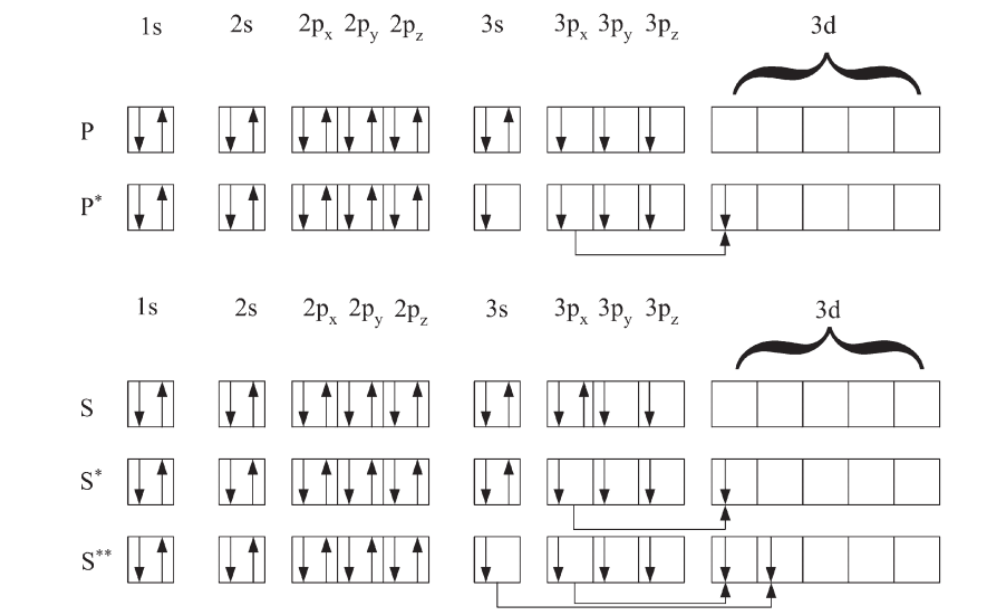
Детальніше:

При збудженні (рис. 2.29, P *) один із двох s-електронів фосфору переходить із третього енергетичного рівня (3s) на вакантну 3d-орбіталь, і тоді у фосфору на третьому енергетичному рівні виявляється 5 неспарених електронів: один s електрон, три p-електрона, один d-електрон. В цьому випадку валентність фосфору дорівнює не трьом (як у спокої), а п'яти. Для збудження сірки (рис. 2.29, S *, S **) також характерно заповнення вакантних 3d орбіталей, при чому як однієї, так і двох.

У першому випадку (рис. 2.29, S *) один із двох електронів переходить із $3p_x$ -орбіталі на 3d-орбіталь, і сірка з двовалентної стає чотиривалентною (з чотирма неспареними електронами на третьому рівні).

У другому варіанті у атомі сірки (рис. 2.29, S **) на 3d-орбіталь переходять два електрони: один - із $3p_x$ (як і в першому варіанті), а другий із 3s-орбіталі, і така сірка стає шестивалентна (з шістьма неспареними електронами на третьому енергетичному рівні).

Отже, за рахунок розпарювання електронів сірка, на відміну від кисню, може бути не лише двох-, але також чотирьох- і шестивалентною [34, 70, 71].



P, S - основний стан; P*, S*, S** - збуджений стан.

Рис. 2.29. Схема квантових осередків атомів фосфору і сірки [34].

Висновки з позиції системної медицини.

Наведений у главі 2 науковий матеріал про будову атома матерії представлений у адаптивному варіанті і не є вичерпним із наукової точки зору фундаментального природознавства. Однак представленої наукової інформації досить для того, щоб зробити системний аналіз наукової ідеї і сформулювати відповідні логічні висновки.

З позицій системної медицини ключовими, парадигмально значущими аспектами для формулювання магнітоелектрохімічної теорії обміну речовин можуть бути наступні науково доведені і визнані факти природознавства:

- 1) Вся матерія складається з близько 100 атомів.
- 2) Атом має корпускулярно-хвильову електромагнітну сутність організації.
- 3) Атом складається з ядра, електронної оболонки і є діленим.
- 4) Ядро атома складається з польових структур - ферміонів, які об'єднуються фундаментальними польовими силами електромагнітної, сильної, слабкої ядерних взаємодій, носіями яких є бозони. Всі частинки атома народжуються з енергії.
- 5) Атом підпорядковується фундаментальному закону корпускулярно-хвильового дуалізму та є одночасно і часткою, і хвилею, при чому хвильова функція є основним носієм інформації про властивості атома, молекули і похідні системи.
- 6) Атом має електричний заряд, який обумовлює обмінну взаємодію електронів між атомами, первинні властивості атомів і утворених ними об'єктів (молекул, тощо) макрорівня світу.
- 7) Хімізм виявляється результатом обмінної взаємодії електронів між атомами і є вторинною властивістю, яка зумовлюється електромагнітними характеристиками атомів.
- 8) Хімічні зв'язки - це внутрішні сили прояву властивостей валентних електронів, які об'єднують атоми в молекули, утворюючи міцну квантово-механічну цілісність; електрон

розглядається як електронна хмара, що розташована у полі дії атомного ядра.

9) Атоми мають електричний заряд, який зумовлює їх первинні властивості, можливість і характер виникаючих між атомами електромагнітних взаємодій при утворенні речовин.

10) Властивості атомів і елементів, які вони утворюють, обумовлені електромагнітними характеристиками їх ядер (кількісним складом протонів, нейтронів, зарядом ядра, енергетичним станом, тощо) та електронних оболонок (кількість електронів, характеристиками енергетичних рівнів електронів, тощо). Хімізм атомів і елементів є вторинним проявом електромагнетизму.

11) Хімічні властивості атомів і елементів, які вони утворюють, знаходяться у періодичній залежності від заряду їхніх атомних ядер та відображаються графічно у таблиці Менделєєва й в її інтерпретаціях.

12) Закони мікросвіту є фундаментальними і первинними, тобто такими, які зумовлюють всі основні принципи будови і властивості матерії макросвіту.

Оскільки закони мікросвіту є фундаментальними та обумовлюють усі основні принципи будови і властивості матерії макросвіту, перераховане вище дає підставу для формулювання наступних концептуальних висновків електромагнітної феноменології обміну речовин живих біологічних систем, включаючи організм людини:

- усі живі біологічні системи, включаючи людський організм, на атомарному рівні мають електромагнітну природу будови, складаються із польових структур - ферміонів, які об'єднуються польовими силами електромагнітної, сильної, слабкої ядерних взаємодій, носіями яких є бозони;
- всім живим біологічним системам, включаючи людський організм притаманні властивості корпускулярно-хвильового дуалізму, який зумовлює наявність хвильових характеристик у їх структур;

- усі хімічні реакції, які відбуваються у живих біологічних системах, включаючи людський організм, мають електромагнітну природу, виявляються результатом прояву електромагнітних взаємодій речовин у них і є наслідком прояву електромагнетизму;
- оскільки частинки (кварки, антикварки, тощо), які утворюють атом виявляються за своєю суттю енергією, то відповідно всі живі біологічні системи, включаючи людський організм можуть на мікрорівні своєї будови розглядатися як форма фундаментально організованої енергії, яка має сумарні енергетичні характеристики утворюючих їх частинок мікросвіту.

Зазначене кардинально поглиблює уявлення про будову, організацію, функціонування людського тіла, докорінно змінює характер інтерпретації біологічних процесів, які відбуваються в організмі людини в нормі і при патології, розширює можливості поглибленого вивчення, опису патогенезу захворювань людського організму і демонструє необхідність парадигмального переходу від електрохімічної концепції обміну речовин до магнітоелектрохімічної.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Барсуков Д.А., Ельяшевич М.А. Основы атомной физики. Москва: Научный мир, 2006. 648 с.
2. Бор Н. Избранные научные труды. Москва: Наука, 1970. 584 с.
3. Вайнберг С. Открытие субатомных частиц / пер. с англ. Москва: Мир, 1986. 286 с.
4. Витковская Н.М., Пупышев В.И. Квантовая химия. Современное естествознание: Энциклопедия в 10 т. Москва: Флинта: Наука, 1999-2000. Т.1. Физическая химия. 328 с.
5. Волков А.И. Строение атомов и периодический закон. Москва: Новое знание, 2006. 196 с.
6. Гиллеспи Р., Харгиттай И. Модель отталкивания электронных пар валентной оболочки и строение молекул / пер. с англ. Москва: Мир, 1992. 296 с.
7. Гузей Л.С., Кузнецов В.Н., Гузей А.С. Общая химия. Москва: Изд-во МГУ, 1999. 333 с.
8. Де Бройль Л. Волны и кванты / пер. с франц. Н.А. Райской. *Успехи физических наук*. 1967. Т. 178. С. 178-180.
9. Дикерсон З., Грей Г., Хейт Дж. Основные законы химии / пер. с англ. в 2-х т. Москва: Мир, 1982. 652 с.
10. Дэвис П. Суперсила / пер. с англ. Москва: Мир, 1989. 272 с.
11. Ельяшевич М.А. Периодический закон Д.И. Менделеева, спектры и строение атома. *Периодический закон и строение атома*. Москва: Атомиздат, 1971. С. 41-106.
12. Загорский В.В. Вариант изложения в физико-математической школе темы "Строение атома и Периодический закон". *Российский химический журнал (ЖРХО им. Д.И.Менделеева)*. 1994, Т. 38. №4. С. 37-42.
13. Загорский В.В. Замкнутый круг или спираль? (История химического образования в России). *Школьное обозрение*. 1999. № 2-3. С. 6-11.
14. Загорский В.В. Строение атома и Периодический закон. Трудные темы школьного курса химии. *Сервис химического факультета МГУ*. URL: <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/Zagorskii/welcome.html>

15. Зоммерфельд А. Строение атома и спектры. Москва: Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1956. Т. 1. 591 с.
16. Иванов Д.М., Иванов М.Г. Химия галогенов: учебное издание. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2014. 82 с.
17. Иванов И. Многоликий протон. *Квант*. 2009. №5. С. 711.
18. Иванов Ю.Н. Ритмодинамика. Москва: Новый центр, 1997. 312 с.
19. Классификация адронов. Физика элементарных частиц. Эксперименты на коллайдерах: «Элементы». URL: https://elementy.ru/LHC/HEP/experiments/quark_model
20. Кожевников Д.Н. Создание и использование комплекса моделей атомов и молекул для изучения строения вещества в курсе химии средней школы: дисс. на соискание уч. степени канд. пед. наук. 2004. 171 с.
21. Коккедэ Я. Теория кварков. Москва: МИР, 1971. 340 с.
22. Кушелев А., Полищук С., Писаржевский С. Формы, механизмы, энергия наномира: Доступна ли энергия эфира для космических полётов? *Электроника: Наука, Технология, Бизнес*. 2002. № 6. С.72-76.
23. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики. Т.3. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика Ландсберг. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 656 с.
24. Лукіянець Б.А., Понеділок Г.В., Рудавський Ю.К. Основи квантової фізики: навчальний посібник. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2009. 420 с.
25. Максвелл Дж.К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. Москва, 1954. 17 с.
26. Мануйлов А.В., Родионов В.И. Строение атома. Основы химии. Интернет-учебник. URL: <http://www.hemi.nsu.ru/ucheb125.htm>
27. Мартисон Л.К., Смирнов. Е.В. Квантовая теория. Том 5 курса «Физика в университете» в 6 т. Квантовая физика. Интернет-учебник. URL: <http://fn.bmstu.ru/data-physics/library/physbook/tom5/about.htm>
28. Намбу Е. Кварки. Москва: Мир, 1984. 225 с.
29. Окунь Л.Б. Элементарное введение в физику элементарных частиц. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 126 с.
30. Планк М. Единство физической картины мира. Москва: Наука, 1966. 288 с.
31. Полинг Л. Общая химия. Москва: Мир, 1974. 846 с.
32. Поляков В.В. Биомедицинские нанотехнологии: учебное пособие. Электрон. текстовые данные. Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2018. 129 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/87704.html>.
33. Пупышев В.И. Современные представления о химической связи. Современное естествознание: Энциклопедия в 10 т. Москва: Флинта: Наука, 1999-2000. Т.1. Физическая химия. 328 с.
34. Самойлов В.О. Медицинская биофизика: учебник для вузов /3-е изд., испр. и доп. Санкт-Петербург : СпецЛит, 2013. 591 с.

- 35.Смирнов Г.В. Досье эрудита. Москва: ЗАО МК-периодика, 2001. 256 с.
- 36.Соколик В.В., Кушелев А.Ю. Геометрия живого наномира. Пикотехнология белков: монография. Изд-во Lambert Academic Publishing, 2016. 287 с.
- 37.Соловьев Ю.И., Трифонов Д.Н., Шамин А.Н. История химии: Развитие основных направлений современной химии. Москва: Просвещение, 1984. 765 с.
- 38.Сопов А.В. Кварковая модель адронов: учебное пособие. URL: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/students/quarks/index.html>
- 39.Состав атомного ядра: Подборка уроков физики в 9 классе, размещенных в Единой Коллекции ЦОР. URL: <https://sites.google.com/site/f9t4stroenieatomaiatomnogoadra/6-sostav-atomnogo-adra>
- 40.Строение атома, Электронное строение атом: Образовательный курс химии. URL: <http://www.hemi.nsu.ru/ucheb125.htm>
- 41.Сухонос С.И. Пропорциональная вселенная. Москва: Дельфис, 2015. 320 с.
- 42.Тихонов Ю.А. В поисках всех начал. *Наука из первых рук*. 2012. № 3 (45). URL: <https://scfh.ru/papers/v-poiskakh-nachala-vsekh-nachal>
- 43.Фейнман Р. КЭД – странная теория света и вещества. Москва: Наука, 1988. 144 с.
- 44.Фейнман Р. Характер физических законов. Москва: Мир, 1968. 232 с.
- 45.Хабердитцл В. Строение материи и химическая связь / пер. с нем. Москва: Мир, 1974. 296 с.
- 46.Хайманн Р.Б., Евсюков С.Е. Аллотропия углерода. *Природа*. 2003. №8. С. 66-72.
- 47.Химия Кеннета Снелсона. Хабр, 2017. URL: <https://habr.com/ru/post/374003/>
- 48.Чудинов В.А. Атомистические концепции в современном естествознании. Москва: Наука, 1986. 176 с.
- 49.Ядерная физика в интернете проект кафедры общей ядерной физики физического факультета МГУ. URL: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/index.html>
- 50.Акама Т., Fujii А., Kobayashi М., Nakai Н. Is the divide-and-conquer Hartree-Fock method valid for calculations of delocalized systems? *Mol. Phys.* 2007. V. 105. P. 2799-2804.
- 51.Alford M.G., Rajagopal K., Schaefer T., Schmitt A. Color Superconductivity in Dense Quark Matter. *Reviews of Modern Physics*. 2008. V. 80(4). P. 1455-1515.
- 52.Bloom E.D. High-Energy Inelastic $e-p$ Scattering at 6° and 10° . *Physical Review Letters*. 1969. V. 23(16). P. 930-934.
- 53.Blumhofer A., Hutter M. Family Structure from Periodic Solutions of an Improved Gap Equation. *Nuclear Physics*. 1997 V. B484(1). P. 80-96.

54. Breidenbach M. et al. Observed Behavior of Highly Inelastic Electron-Proton Scattering. *Physical Review Letters*. 1969. V. 23(16). P. 935-939.
55. Cao T. Yu. Conceptual developments of 20th century field theories. Cambridge University Press, 1998. 320 p.
56. Carithers B., Grannis P. Discovery of the Top Quark. *Beam Line*. 1995. V. 25(3). P. 4-16.
57. Chauhan B.C., Picariello M., Pulido J., Torrente-Lujan E. Quark–Lepton Complementarity, Neutrino and Standard Model Data Predict ($\theta_{13}^{\text{PMNS}}=9^{+1}_{-2}$). *European Physical Journal*. 2007. V. C50(3). P. 573-578.
58. Close F. The New Cosmic Onion. CRC Press, 2006. 133 p.
59. Davies P.C.W. Does quantum mechanics play a non-trivial role in life? *BioSystems*. 2004. Vol. 78. P. 69-79.
60. Demetrius L. Quantum statistics and allometric scaling of organisms. *Physica*. 2003. V. A322. P. 477-490.
61. Encyclopedia of Physical Science and Technology Reference Work, Third Edition. Academic Press, 2001. 15453 p. URL: <https://www.sciencedirect.com/referencework/9780122274107/encyclopedia-of-physical-science-and-technology#book-info>
62. Gaillard M.K., Grannis P.D., Sciulli F.J. The Standard Model of Particle Physics. *Reviews of Modern Physics*. 1999. V. 71(2). P. S96-S111.
63. Genoni A., Bučinský L., Claiser N., Contreras-García J. *Chemistry A European Journal*. 2018. V. 24(43). P. 10881-10905. URL: <https://doi.org/10.1002/chem.201705952>
64. Gillespie G.E.P. Why Joyce Is and Is Not Responsible for the Quark in Contemporary Physics. Papers on Joyce 16. Retrieved 17 January 2018. URL: <http://www.siff.us.es/iberjoyce/wp-content/uploads/2013/11/POJ-3.pdf>
65. Glashow S.L. Partial-symmetries of weak interactions. *Nuclear Physics*. 1961. V. 22 (4). P. 579-588.
66. Glatte A., Kobel M., Mader W.F., Seifert F. Liquid argon calorimeter performance at high rates. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*. 2012. P 47-65.
67. Gleick J. Genius: Richard Feynman and Modern Physics. Little Brown and Company, 1992. 390 p.
68. Goedecker S. Linear scaling electronic structure methods. *Reviews of Modern Physics*. 1999. V. 71. P. 1085-1123.
69. Gogonea V., Westerhoff L.M., Merz K.M. Quantum mechanical/quantum mechanical methods. A divide and conquer strategy for solving the Schrodinger equation for large molecular systems using a composite density functional-semiempirical Hamiltonian. *Journal of Chemical Physics*. 2000. V. 113. P. 5604-5613.
70. Graham R.F., Gregory D.S., Yuan-Chung C. Quantum effects in biology. *Procedia Chemistry*. 2011. V. 3. P. 38-57.

71. Gupta V.P. Principles and Applications of Quantum Chemistry. V.P. Gupta - Academic Press, 2016. 478 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2014-0-05143-X>
72. Guralnik G.S. The History of the Guralnik, Hagen and Kibble development of the Theory of Spontaneous Symmetry Breaking and Gauge Particles. *International Journal of Modern Physics*. 2009. V. 24 (14). P. 2601-2627.
73. Hasert F.J. Observation of neutrino-like interactions without muon or electron in the Gargamelle neutrino experiment. *Physics Letters*. 1973. V. 46(1). P. 138.
74. Hassanzadeh P. Towards the quantum-enabled technologies for development of drugs or delivery systems. *Journal of Controlled Release*. 2020. V. 324. P. 260-279.
75. Higgs P.W. Broken Symmetries and the Masses of Gauge Bosons. *Physical Review Letters*. 1964. V. 13(16). P. 508-509.
76. Icke V. The Force of Symmetry. Cambridge University Press, 1995. 216 p.
77. Kenneth M.M.Jr. Using Quantum Mechanical Approaches to Study Biological Systems. *Acc. Chem. Res*. 2014. V. 47(9). P. 2804-2811.
78. Kobayashi M., Akama T., Nakai H. Second-order Møller-Plesset perturbation energy obtained from divide-and-conquer Hartree-Fock density matrix. *J. Chem. Phys*. 2006. P. 125.
79. Kobayashi M., Nakai, H. Dual-Level Hierarchical Scheme for Linear-Scaling Divide-and-Conquer Correlation Theory. *Int. J. Quantum Chem*. 2009. V. 109. P. 2227-2237.
80. Lee B.W., Quigg C., Thacker H.B. Weak interactions at very high energies: The role of the Higgs-boson mass. *Physical Review D*. 1977. V. 16(5). P. 1519-1531.
81. Levi F., Mostarda S., Rao and F., Mintert F. Quantum mechanics of excitation transport in photosynthetic complexes: a key issues review. *IOP Publishing Ltd Reports on Progress in Physics*. 2015. V. 78(8). P. A103.
82. Lincoln D. Understanding the Universe. From Quarks to the Cosmos. World Scientific Publishing Company. 2012. 596 p.
83. Lorentz H.A. Zittingsverlag. *Acad. Wet*. 1899. V. 7. P. 507.
84. Mehra J. Quantum Mechanics and the Explanation of Life: The inclusion of human consciousness in quantum physics recognizes mind as the primary reality: Will a new science arise that can harmonize quantum physics and biology? *American Scientist*. 2021. V. 61(6). P. 722-728. DOI: <http://www.jstor.org/stable/27844076>
85. Mrowczynski S. Quark–Gluon Plasma / S. Mrowczynski. *Acta Physica Polonica B*. 1998. V. 29(12). P. 3711.
86. Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC. Submitted to PLB 31/07/2012 <http://arxiv.org/abs/arXiv:1207.7214>. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037026931200857X>

87. Pais A., Treiman S.B. How Many Charm Quantum Numbers are There? *Physical Review Letters*. 1975. V. 35(23). P. 1556.
88. Peacock K.A. The Quantum Revolution. Greenwood Publishing Group, 2008. 125 p.
89. Perkins D.H. Introduction to High Energy Physics. Cambridge University Press, 2000. 8 p.
90. Politzer H.D. Reliable perturbative results for strong interactions. *Physical Review Letters*. 1973. V. 30(26). P. 1346-1349.
91. Povh B., Scholz C., Rith K. Particles and Nuclei. Zetsche Springer, 2008. 98 p.
92. Quigg C. The Standard Model (Electroweak Theory): European School of High-Energy Physics ΝΕΣΤΩΡ Institute Pylos, Greece 25 August – 7 September 2002 URL: <https://lss.fnal.gov/archive/test-fn/0000/fermilab-fn-0731.pdf>.
93. Quigg C. Particles and the Standard Model. The New Physics for the Twenty-First Century / In G. Fraser ed. Cambridge University Press, 2006. 91 p.
94. Readiness of the ATLAS Liquid Argon Calorimeter for LHC Collisions ATLAS Collaboration. *Eur. Phys. J.* 2010. V. C70. P. 723-753.
95. Richard R.M., Herbert J.M. A generalized many-body expansion and a unified view of fragment-based methods in electronic structure theory. *J. Chem. Phys.* 2012. V. 137. P. 064113.
96. Riordan M. The Hunting of the Quark: A True Story of Modern Physics. Simon & Schuster, 1987. 210 p.
97. Rolnick W.B. Remnants of The Fall: Revelations of Particle Secrets. World Scientific Pub Co Inc, 2003. 136 p.
98. Salam A. N. Svartholm (ed.) Elementary Particle Physics: Relativistic Groups and Analyticity. Eighth Nobel Symposium. Stockholm: Almqvist and Wiksell, 1968. 367 p.
99. Santos Ld.A., Prandi I.G., Ramalho T.C. Could Quantum Mechanical Properties Be Reflected on Classical Molecular Dynamics? The Case of Halogenated Organic Compounds of Biological Interest. *Front. Chem.* 2019. V. 7. P. 848.
100. Schumm B.A. Deep Down Things. Baltimore & London: Johns Hopkins University Press, 2004. 378 p.
101. Sjulstok E., Olsen J., Solov'yov I. Quantifying electron transfer reactions in biological systems: what interactions play the major role? *Sci Rep.* 2016. V. 5. P. 18446.
102. Snelson K. Art and Ideas. NY: In association with Marlborough gallery, N.Y., 2013, 174 p. URL: http://kennethsnelson.net/...nd_Ideas.pdf
103. Staley K.W. The Evidence for the Top Quark. Cambridge University Press, 2004. 144 p.
104. The quantum mechanical model of the atom: Khan Academy. URL: <https://www.khanacad>

105. Weinberg S.A. Model of Leptons. *Physical Review Letters*. 1967. V. 19(21). P. 1264-1266.
106. Wong S.S.M. *Introductory Nuclear Physics*; 2nd ed. Wiley Interscience, 1998. 30 p.
107. Xu P., Guidez E.B., Bertoni C., Gordon M.S. Perspective: ab initio force field methods derived from quantum mechanics. 2018. V. 148. P. 090901.
108. Yao W.-M., Amsler C., Asner D., Barnett R.M., Beringer J., Törnqvist, Particle N.A. Data Group Review of particle physics. *Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics*. 2006. V. 33. P. 1231-1232.
109. Yulsman T. *Origins: The Quest for Our Cosmic Roots*. CRC Press, 2002. 75 p.

МОЛЕКУЛЯРНИЙ РІВЕНЬ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИВИХ БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ, ВКЛЮЧАЮЧИ ЛЮДИНУ

ГЛАВА 3

Не можна сподіватися на повноту і бездоганність наших знань. Наука існує якусь мить і кожну хвилину рухається вперед.
- К.Е. Ціолковський

Мабуть у нашому теперішньому складі мислення відсутнє щось дуже важливе, цілий вимір, без якого не можна знайти підхід до цих проблем.
Вода не тільки mater, а й matrix життя, і біологія, можливо, не досягла успіху й досі в розумінні найбільш очевидних функцій через те, що вона зосередила свою увагу на речовині у вигляді частинок, відокремлюючи їх від двох матриць - води і електромагнітного поля.
- А. Сент-Дьорді

Вступ. Комплементарний блок. Сучасні уявлення про будову молекул: молекулярні зв'язки, система енергетичних рівнів молекул. Квантово-механічні особливості будови молекул живих біологічних систем. Механізми внутрішньо-молекулярного і міжмолекулярного перенесення енергії і заряду у живих біологічних молекулярних системах. Солітони. Квантово-механічні особливості і роль води в механізмі передачі енергії між біологічними молекулами. Електромагнітна феноменологія молекулярного рівня станів життя і смерті живих біологічних систем. Висновки з позиції системної медицини.

Вступ.

Фундаментальне природознавство ХХІ століття накопичило достатню кількість теоретичних уявлень, моделей, концепцій, теорій, наукових знань для адекватного опису молекулярного рівня електромагнітної організації речовини, процесів енергозабезпечення між молекулами живих біологічних систем, а головне - для можливості їх фундаментального узагальнення у межах системної концепції-теорії.

Успіхи квантової біофізики та квантової біохімії сформували принципово нове розуміння електронної структури біологічно важливих молекул і механізмів міжмолекулярного перенесення електронів. Ці нові фундаментальні знання дозволили зрозуміти раніше незрозуміле наукою - шляхи перетворення енергії збуджених молекул у енергію їх продуктів. Основою розуміння утворення молекул із атомів та опису їх поведінки стала квантова механіка, яка

відрізняється від класичної тим, що описує і хвильову функцію частинки/об'єкта, виходячи із можливості кожної частинки бути і частинкою, і хвилею одночасно (принцип корпускулярно-хвильового дуалізму матерії), відображаючи діалектичну єдність матерії, як універсальну фундаментальну властивість. Хвильова функція являється основним носієм інформації про всі властивості мікрочастинки і визначається за допомогою математичного апарату, заснованого на рівнянні Е. Шредингера.

Сьогодні у розпорядженні науки наявні фундаментальні знання про структуру складних молекул, які є суто об'єктивною інформацією, отриманою при вивченні спектрів поглинання складних молекул. Вивчення спектрів поглинання атомів і молекул в ультрафіолетовій та у видимій областях дозволило отримати відомості і розвинути наукові уявлення про їх систему електронних енергетичних рівнів, про ймовірність переходів між ними, механізми енергетичної міжмолекулярної взаємодії, сформулювати сучасні уявлення й ряд перспективних системних концепцій розуміння механізмів частотно-хвильової взаємодії (ритмодинаміка, колективні процеси, молекулярний осередок, тощо). Це має принципово важливе значення для подальшого розвитку науки, особливо у межах системної медицини.

Ще одним об'єктивним джерелом фундаментальних знань про енергетичні процеси молекулярного рівня стала можливість вивчення емісії фотонів/люмінесценції живих біологічних систем, включаючи людський організм. У процесі життєдіяльності живих біомолекулярних систем має місце емісія фотонів/люмінесценція, яка у клітинах виникає як у ході перебігу метаболічних процесів життєзабезпечення, так може бути додатково стимульованою ззовні (квантами світла, електромагнітним полем, барвниками-люмінофорами, тощо). Емісія фотонів/люмінесценція відображає процеси перетворення енергії у молекулах, тому аналіз цього процесу може бути використаний для наукового вивчення біоенергетики мікрорівня *in vivo*.

Визнання та розуміння корпускулярно-хвильових властивостей атомів, молекул і відповідно матерії живих біологічних систем, а також їх здатності до постійної генерації хвильового випромінювання у вигляді солітонів, як для підтримки матеріальної єдності системи/організму, так і для забезпечення системної

енергетичної інформаційної взаємодії й кооперації, на сьогоднішній день являється принципово важливим знанням для системної медицини. Ці новітні для медицини знання, перш за все, мають сприяти усуненню фрагментарності медичного світогляду в аспектах організації функціонування живого людського організму.

Сучасна наука давно визнала і підтвердила роль води, як універсального компонента для підтримки життя, який визначає структуру і властивості безлічі об'єктів живої та неживої природи. Однак механізми участі води довгий час були невідомі, і вода розглядалася як розчинник навіть при вивченні процесів *in vivo*. Фундаментальним природознавством вже накопичений значний пласт наукових знань відносно структурних і енергетичних характеристик природної води із урахуванням сучасних досягнень у галузі фізики води. Це без сумніву може дозволити з позицій системного природознавства доповнити розуміння ролі води у процесах біоенергетики живих молекулярних систем, включаючи людський організм. На сьогодні вже доведено, що вода у живих біологічних системах не являється суто континуальним середовищем і не є рідиною у звичному для органів почуттів людини розумінні. У живих біологічних системах, включаючи людський організм, вода знаходиться у особливому енергезованому стані – у так званому стані енергонапруження фрактальних кристалічних структур. При цьому квантово-механічні характеристики такої структурованої води дозволяють здійснювати без енерговитрат енергоперенос у молекулах біополімерів і таким чином забезпечувати нехімічний віддалений керуючий системно-енергетичний зв'язок між біологічними молекулами організму.

Таким чином, XXI століття, як епоха цифрових технологій, глобалізації наукового знання, проникнення у глибини наносвіту і сутності магнітоелектричної організації матерії, створило умови для переходу на якісно новий рівень фундаментального знання організації та функціонування людського організму та надало можливість наблизитися до пояснення самого складного фізіологічного феномену – фізико-хімічного механізму біологічного життя. Розуміння й інтеграція до системної медицини викладеної у главі 3 інформації поглиблює та видозмінює погляд на механізми реалізації процесів метаболізму у живих біологічних системах, включаючи людину.

Комплементарний блок.

Сучасні уявлення про будову молекул: молекулярні зв'язки.

Молекула - це речовий прояв матерії і принциповий структурно-функціональний компонент макrorівня (з погляду фізики) організації живої біологічної системи будь-якого рівня складності, включаючи людський організм.

- Молекула складається із атомів, пов'язаних один із одним за рахунок валентних електронів. Квантова механіка дозволила пояснити фізичну природу цього хімічного зв'язку.

Завдяки корпускулярно-хвильовим властивостям атом є осцилятором, тобто генерує хвилі, збуджує хвильове середовище, створює електромагнітне хвильове поле. По суті у молекулі/речовині атоми пов'язані між собою електромагнітними хвильовими полями, джерелом яких є самі атоми, що беруть участь у взаємодії і самоорганізації атомів [2, 10, 74, 94, 114].

Згідно сучасних наукових поглядів це описується у такий спосіб [2, 10, 74, 94, 116, 119, 168]:

- *Молекула - це зв'язана система ядер і електронів, між якими діють електростатичні сили.* Крім електростатичних сил при квантово-механічному розгляді молекули необхідно враховувати принцип Паулі, який обґрунтовує існування додаткової обмінної взаємодії.
- Ядра і електрони у молекулі зв'язуються в систему за допомогою двох типів зв'язку: ковалентного і полярного.
- *Ковалентний (гомеополярний) зв'язок - це зв'язок, який здійснюється за рахунок усупільнення електронів, які належать двом атомам.*



Детальніше:

Молекула водню - приклад найпростішої молекули з ковалентним зв'язком.

1927 рік - фізики-теоретики Г.Г. Гайтлер (нім. *Walter Heinrich Heitler*, 1904-1981, Німеччина) і Ф. Лондон (нім. *Fritz Wolfgang London*, 1900-1954, Німеччина) вирішили рівняння Шредінгера для системи, яка складається із двох протонів (ядра атома водню) і двох електронів, та встановили, що енергія молекули водню (E) по-різному залежить від відстані між ядрами (r) для випадків паралельної та антипаралельної орієнтації спінів електронів. Графік

цієї залежності наведений на рисунку 3.1. Як видно з рисунку 3.1: - зв'язаний стан з $E < 0$ можливий лише при антипаралельній орієнтації спінів; - за початок відліку енергії молекули E на графіку прийнята енергія двох ізольованих атомів; - при $r=r_0$ графік із антипаралельними спінами має мінімум, який визначає рівноважний стан ядер у молекулі водню; - електрони більшу частину часу проводять між ядрами, таким чином, позитивні ядра притягуються до негативної "електронної хмари" [2, 43, 94, 114].

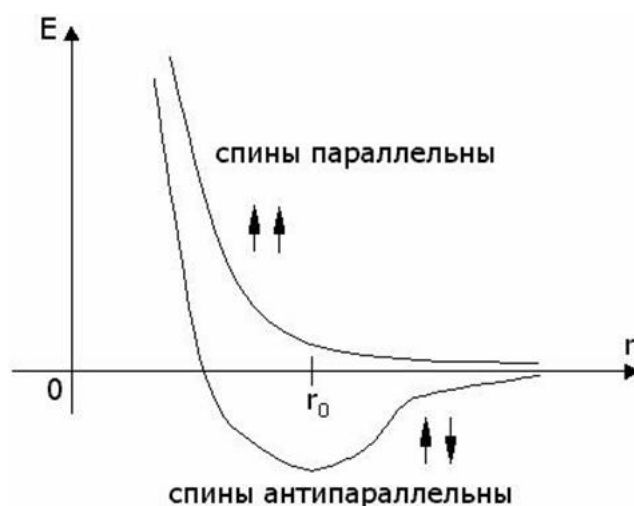


Рис. 3.1. Графік залежності енергії E молекули водню від відстані r між ядрами для випадків паралельної і антипаралельної орієнтації спінів електронів [114].

- *Іонний (гетерополярний) зв'язок* - це зв'язок, обумовлений переходом валентних електронів із одного атома на інший з утворенням позитивних і негативних іонів із електростатичним притяганням між ними.



Детальніше:

Натрію хлорид (NaCl) і натрію фторид (NaF) – це характерні приклади іонного зв'язку. Наприклад, на схемі заповнення електронами квантових станів перших одинадцяти атомів (рис. 3.2) видно, що у фтору (F) є не заповненим один квантовий стан $2p$, а у натрію (Na) один валентний електрон знаходиться у стані $3s$, де він порівняно слабо пов'язаний зі своїм атомом. Цей $3s$ електрон натрію і переходить у $2p$ стан атома фтору. Таким чином, атом Na стає позитивним іоном, а атом F – негативним. Тому вони і притягуються один до одного [2, 43, 94, 114].

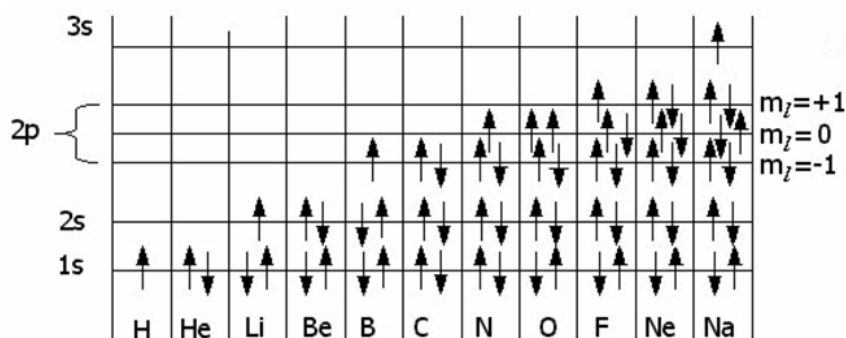


Рис. 3.2. Схема заповнення електронами квантових станів перших одинадцяти атомів [114]: стрілками позначені напрямки проєкцій спінів електронів на вісь z ; стрілка вгору відповідає значенню спінового квантового числа $m_s=+1/2$, стрілка вниз означає, що $m_s=-1/2$.

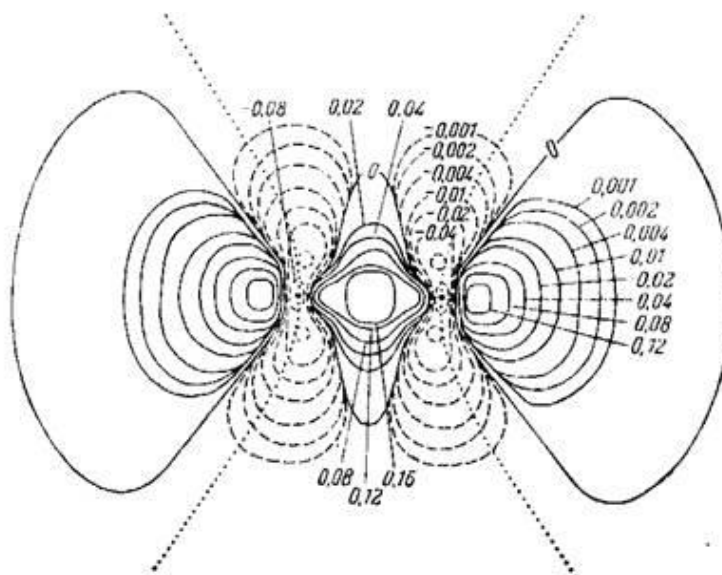


Рис. 3.3. Діаграма розподілу електронної щільності для молекули N_2 (розрахунок за Хартрі-Фоком) [119].

Атоми у молекулі/речовині є віддаленими один від одного і утворюють просторову решітку речовини у конденсованому стані [2, 43, 94-96, 116].

- Сучасні уявлення про міжмолекулярні зв'язки у молекулі/речовині описуються і візуалізуються у вигляді умовних понять та моделей, які дозволяють сформулювати розуміння механізму частотно-хвильової взаємодії між атомами [2, 10, 94-96].

- Електромагнітна модель самоорганізації атомів у молекулі описує атоми як стійку систему осциляторів, пов'язаних між собою згенерованим ними електромагнітними хвильовими полями [2, 51, 94].
- Модельно будь-яка молекула/речовина/біологічна система може бути представлена у вигляді електромагнітних хвильових пакетів, у вузлах яких знаходяться атоми, які являються джерелом хвильової генерації. При цьому електромагнітні хвильові пакети будуть результатом інтерференції випромінювання всіх атомів молекули/речовини/біологічної системи.



Детальніше:

Встановлено, що [51, 94-96, 114, 119]:

- атом із урахуванням його корпускулярно-хвильових властивостей є осцилятором, генерує хвилі, збуджує хвильове середовище, утворює електромагнітне хвильове поле;
- два атома утворюють модель мінімальної елементарної стійкої системи, створюючи у проміжку між собою загальне електромагнітне хвильове поле;
- атоми є вузлами системи і спроба виведення їх за межі системи викликає реакцію з боку хвильового поля, спрямованого на повернення атомів-осциляторів у початкове положення;
- виділяють три види ідеально стійких хвильових систем із мінімальними розмірами (два атома - диполь; три атома - трикутник; чотири атома - тетраедр);
- всі інші геометричні фігури, пов'язані електромагнітними хвильовими полями мають перехресні нецілочисельні зв'язки, що зменшує їх стійкість (рис. 3.4 і 3.5).

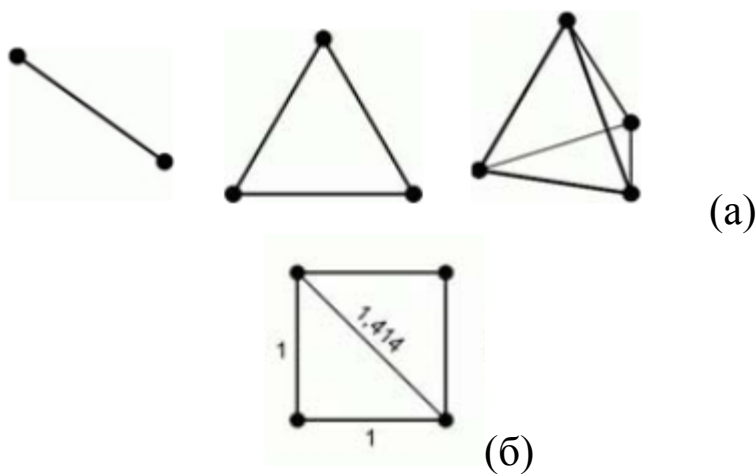


Рис. 3.4. Елементарні системи атомів-осциляторів: стійкі (а), менш стійкі (б) [51].

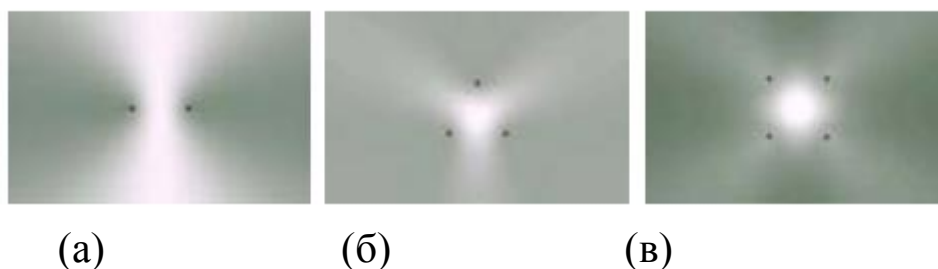


Рис. 3.5. Змодельована картина розподілу енергії в елементарних системах атомів-осциляторів: диполь (а), трикутник (б), квадрат (в)* [51]: * - видно, що в квадратній системі атоми-осцилятори знаходяться у зонах нестійкої рівноваги (менша стійкість) .

- *Геометрія молекул визначається квантово-механічними характеристиками, утворюючих її атомів.*

Це відбувається відповідно до розподілу електронної щільності у молекулах, утворення у ній хімічних зв'язків в залежності від розміщення максимально віддалених одна від одної точок, які символізують центри тяжіння хмар електронних пар/електромагнітних хвильових полів.

Тобто геометрія молекули визначається оптимальним розташуванням електронних пар ($AХ_2$ - лінійна, $AХ_3$ - трикутник, $AХ_4$ - тетраедр; $AХ_6$ - октаедр, де А - центральний атом, Х - електрони, тощо) [51].



Детальніше:

Рішення задачі про розміщення максимально віддалених одна від одної точок, які символізують центри тяжіння хмар електронних пар, при числі точок від 2 до 12 призводить до можливих конфігурацій зв'язків і визначення певної геометрії молекул, які мають відповідне розташування електронних пар: 2 - лінійна, 3 - рівносторонній трикутник, 4 - тетраедр, 5 - тригональна біпіраміда, квадратна піраміда, 6 - октаедр, 7 - октаедр із додатковою вершиною, 8 - квадратна антипризма, 9 - трикутна призма із трьома додатковими вершинами, 10 - квадратна антипризма із двома додатковими вершинами, 11 - ікосаедр без однієї вершини, 12 - ікосаедр [48, 49].

- У науці розроблено різні моделі для візуалізації геометричної формули молекул.



Детальніше:

Наприклад, система тетраедрів і кулестержневих моделей використовується для пояснення геометрії з'єднань із кратними зв'язками і відносної довжини таких зв'язків у вуглецю (рис. 3.6 і 3.7) [48, 49].

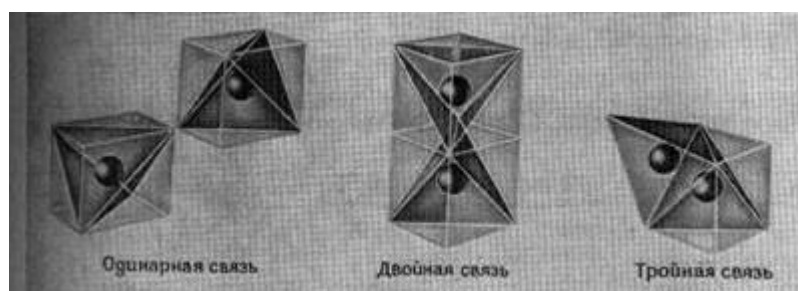


Рис. 3.6. Тетраедричні моделі атомів, які виявляють одинарний, подвійний, потрійний зв'язок [48, 49].

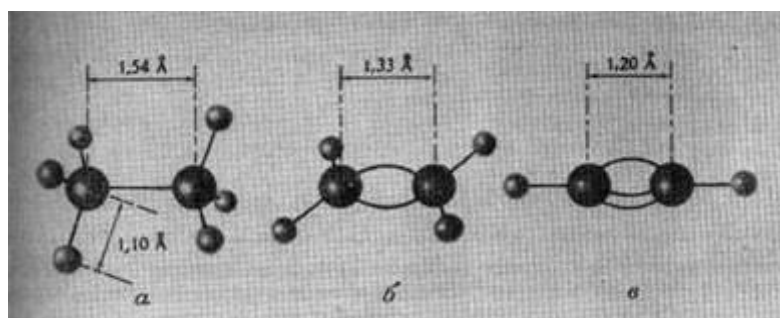


Рис 3.7. Кулестержневі моделі молекул етану C_2H_6 (а), етилену C_2H_4 (б), ацетилену C_2H_2 (в) [48, 49].

- Будь-яка молекула в основному стані має ту геометричну форму, яка відповідає мінімуму повної енергії і, відповідно, максимуму сумарної енергії всіх хімічних зв'язків (правило Гіллеспі).



Детальніше:

Встановлено, що: - електронні пари молекули розташовуються із максимальним віддаленням одна від одної, а незв'язуюча пара займає більший об'єм, ніж зв'язуюча; *обмеження правила:* - не може бути застосовано для з'єднань із великою іонністю і d-металів; - не застосовується для молекул із великим числом (>6) [37, 48, 49].

- Геометрія молекул, що визначається правилом Гіллеспі, не має відношення до гібридизації орбіталей.
- *Гібридизація* – це поняття модельного уявлення для пояснення симетричної структури зв'язків атома вуглецю, яке було введено Л. Полінгом.



Детальніше:

Встановлено, що: - гібридизація за допомогою математичних операцій допомагає уявити ковалентні зв'язки спрямованими; - реальна гібридизація як механізм, а не як модель, може виявлятися лише у елементів 2-го періоду; - будова молекул, які мають більше 4-х електронних пар центрального атому р-елемента, описується з позиції гіпервалентного зв'язку; - у гіпервалентних молекулах хімічний зв'язок описується складнішими взаємодіями; - поняття про гібридизацію вводять для пояснення геометричної та енергетичної рівноцінності хімічних зв'язків, які представляються як локалізовані між взаємодіючими атомами; - лише у двохатомних молекулах хімічний зв'язок повністю локалізований; - тільки у атомів елементів другого періоду остов складається із 1s-оболонки і валентні 2s і 2p орбіталі знаходяться в одній і тій самій ділянці простору (особливість елементів 2-го періоду таблиці Менделєєва); - у з'єднаннях неперехідних елементів AL_n центральний атом А використовує np^x електрони і, якщо необхідно, ns^2 електрони для утворення трьохцентрових, чотирьохелектронних зв'язків при взаємодії із валентними орбіталями лігандів [37, 48, 49, 84, 87].

- Вивченням правил будови кристалічних решіток речовин займається кристалографія.
- Точно визначити структуру молекул/речовини, тобто розташування атомів у ньому, вдалося вперше для кристалічних речовин із переважно іонним зв'язком.



Детальніше:

1895 рік - фізик М. фон Лауе (нім. *Max von Laue*; 1879-1960, Німеччина) припустив, що для випромінювання із довжиною хвилі, у кілька тисяч разів коротшої за довжину хвиль видимого світла, дифракційну картину можна буде спостерігати на правильних кристалах, які, за припущенням, повинні будуть складатися із розташованих рівномірними рядами атомів. Це було підтверджено експериментально на кристалах мідного купоросу [37, 48, 49, 87, 158, 175-178].

- На практиці молекули мають складну будову, яку неможливо описати однією схемою або моделлю. Всі моделі опису молекулярної будови відносно умовні і неідеальні.



Детальніше:

У фундаментальному природознавстві, зокрема - у хімії, особливо в органічній, існує проблема адекватного відображення властивостей і будови молекули/хімічної сполуки у її хімічній формулі. Частково зазначена проблема була вирішена домовленістю позначати кожний валентний зв'язок рисою і в ідеальному випадку цього стало достатнім для зображення структурної формули сполуки, в якій кожен атом з'єднаний із іншими рисками, число яких дорівнює їх валентності у відповідності до дійсного порядку з'єднання їх у реальній молекулі.

Будова молекул у реальності виявилася значно складнішою, що спричинило необхідність впровадження додаткових позначень (наприклад, стрілки, якщо зв'язок мав полярність, тобто електронна хмара була асиметричною, плюси і мінуси над атомами, якщо зв'язок набував рис іонного, і т.п.). На практиці для адекватного зображення будови і властивостей багатьох, особливо складних молекул, доводилося складати кілька структурних формул (тільки для бензолу, наприклад, їх було запропоновано п'ять), із яких кожна окремо не описувала адекватної будови і всіх властивостей молекули, але у сукупності ці формули давали більш-менш правильне уявлення. Наприклад, молекулу етилену можна цілком задовільно описати, розглядаючи її як два вуглецевих тетраедра із загальним ребром. Однак якщо два подвійних зв'язки знаходяться у молекулі поруч, розділені одинарним зв'язком, то характеристики подвійного й одинарного зв'язку як би усереднюються, що робить можливими типові для дієнів реакції 1,4-приєднання. Граничне «усереднення» відбувається в ароматичних вуглеводнях - молекула бензолу може бути представлена як рівноважна між двома крайніми структурами, при цьому подвійні зв'язки в 1,3,5-циклогексатрієні безперервно переміщуються, й обидва ізомери швидко перетворюються один в одного (теорія "осциляції валентності") [48, 49, 70].

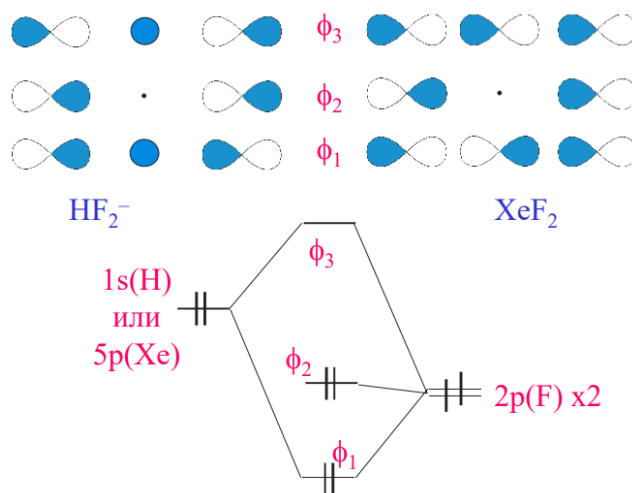


Рис. 3.8. Схема будови трьохцентрові зв'язки [48, 49].

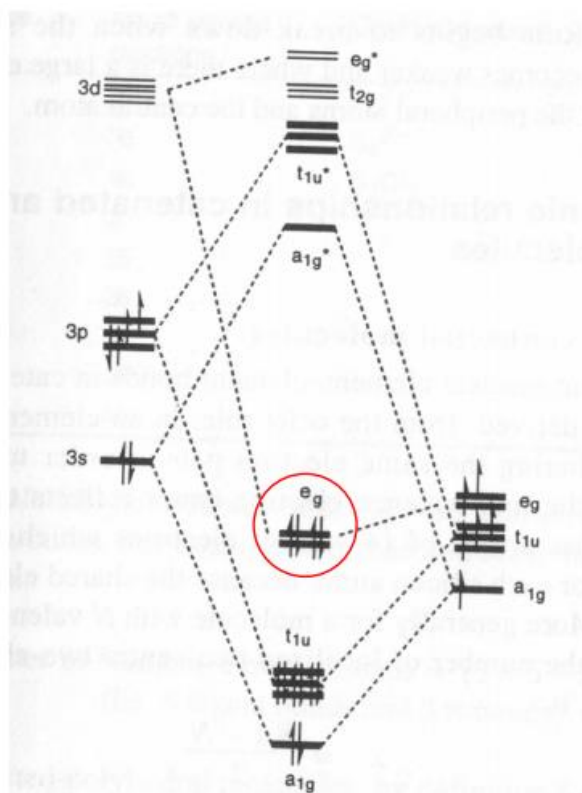


Рис. 3.9. Схема будови молекули SF₆ [48, 49].

- *Реальна молекула складається із резонуючих електромагнітних хвильових польових структур (за принципом суперпозиції станів Дірака), так як кожній хвильовій функції Ψ_i відповідає своя резонуюча структура, оскільки, якщо хвильові функції Ψ_1 і Ψ_2 описують стан квантової системи, то й їх лінійна комбінація представляє можливий стан цієї системи. Тобто реальна молекула як би не має певної будови, а формується лише результатом безперервного резонансу - електромагнітного накладення багатьох різних атомарних структур - це так звана *теорія резонансу* (хімік Л. Полінг, 1931 рік, США).*



Детальніше:

У 1928 році Л.К. Полінг (англ. *Linus Carl Pauling*; 1901-1994, США) запропонував термін «резонанс» для опису подібних складних молекулярних структур. Раніше, у 1926 році, хімік К. Інгольд (англ. *Christopher Kelk Ingold*; 1893-1970, Англія-США) запропонував концепцію мезомерії, згідно з якою будову реальної молекули необхідно розглядати як середнє між двома

межовими структурами/моделями, кожна з яких може бути фіктивною. Ця ідея про "накладення" ідеалізованих структур/моделей для більш повного опису реальної молекули була розвинена у *теорії резонансу*, що отримала квантово-механічне обґрунтування [2, 8, 49, 87].

- *Квантово-механічне обґрунтування теорії резонансу*: - стан молекули у квантовій механіці визначається хвильовою функцією Ψ_i , при цьому хвильова функція може бути розкладена на суму деяких інших хвильових функцій Ψ_i , де $i=1, 2, 3$, тощо, помножених на постійні коефіцієнти; - вибір функцій Ψ_i визначається, виходячи із умови мінімуму енергії молекули; - теорія резонансу стверджує, що кожній хвильовій функції Ψ_i відповідає своя резонуюча структура; - дане твердження базується на так званому принципі суперпозиції станів, відкритому ще Діраком; - відповідно до цього принципу, якщо хвильові функції Ψ_1 і Ψ_2 описують стан квантової системи, то й їх лінійна комбінація представляє можливий стан цієї системи; - таким чином, резонуючі структури (за принципом суперпозиції станів) як би складають реальну молекулу [2, 8, 48, 49].
- Обґрунтування самоорганізації атомів/молекул органічних сполук пояснюється також із позицій модульної кристалографії. Важливо відзначити, що класичні кристалографічні закони будови не поширюються у повній мірі на органічні сполуки (табл. 3.1), які мають принципові відмінності будови й організації кристалічних решіток від неорганічних речовин.
- Основні квантово-механічні властивості біологічних кристалічних структур обумовлені такими принциповими відмінностями як велика молекулярна маса, складна хімічна організація молекул.



Детальніше:

Встановлено, що [9, 1, 147, 166, 169]:

- у більшості випадків кристалічні структури органічних сполук є молекулярними (кристал складається з молекул, всередині яких зв'язки між атомами ковалентні);
- молекули всередині молекулярного осередку пов'язані ван-дер-ваальсовими, водневими або проміжними зв'язками, що обумовлює більш часте утворення ланцюгових або шаруватих структур за рахунок меншої сили зв'язку;

- при ван-дер-ваальсованому (ненаправленому) зв'язку між молекулами умовою мінімуму потенційної енергії взаємодії молекул є максимально щільне заповнення молекулами кристалічного простору - *принцип щільної упаковки*;
- можна апроксимувати молекулу із деяким геометричним тілом складної форми, яка визначається ван-дер-ваальсовими радіусами атомів, розташованих по «краях» молекули - *принцип максимального числа торкань*, що описує молекулу геометричного тіла зі своїми сусідами;
- при тому, що молекули органічних сполук часто мають дуже складну будову, їх центри мас або самі симетричні точки утворюють порівняно нескладні конфігурації;
- розрізняють низькосиметричні молекули (утворюють кристалічні структури, триклинної, моноклінної і ромбічної сингоній) і високосиметричні молекули, близькі до сферичної форми (утворюють кристалічні структури тетрагональної, гексагональної і кубічної сингоній);
- розміри молекул визначають величини параметрів елементарних осередків кристалів;
- часто структури кристалів можна розглядати як щільні упаковки шарів, де у межах шару молекула, має шість найближчих сусідів, і при кількості молекул на елементарній осередок, меншій, ніж кратність загальної правильної системи точок, молекули в структурі утворюють приватну або приватну нехарактеристичну орбіту;
- у разі приватної або приватної нехарактеристичної орбіти кожна молекула повинна мати деяку власну симетрію, яку можна описати деякою крапковою групою симетрії;
- крапкова група власної симетрії молекули може бути некристалографічною, тобто містити осі симетрії п'ятого і більш високих порядків, так як обмеження на операції симетрії відносяться лише до операцій симетрії нескінченної кристалічної решітки і не поширюються на кінцеві молекули у кристалі;
- структури молекулярних кристалів класифікуються відповідно до *структурного класу* - кількості молекулярних кристалів із однаковою просторовою групою симетрії, у якій молекули розташовані по рівній кількості загальних або однакових приватних орбіт;
- симетрія молекул знижується із ускладненням хімічного складу;
- власна симетрія молекул впливає на упаковку і симетрію всієї кристалічної структури;
- асиметричні молекули не можуть утворювати приватні орбіти просторових груп і кристалізуються в нижчих сингоніях, просторові групи яких бідні приватними орбітами;
- при упаковці асиметричних молекул переважними є просторові групи, які допускають найбільш щільну упаковку асиметричних елементів своїх орбіт;
- принципу щільного взаємного розташування асиметричних молекул сприяють ковзаючі площини і гвинтові осі (елементи симетрії із паралельними трансляційними компонентами);

- існують і окремі високосиметричні органічні кристали, коли молекули, що утворюють кристал, мають високу симетрію і приблизну ізометричну форму, яка підходить для виконання умов найбільш щільної упаковки (наприклад, молекула гексаметилентетраміну $C_6H_{12}N_4$ має групу власної симетрії $43T$, а відповідний кристал має просторову групу симетрії $4\bar{3}m$, таким чином, кристали гексаметилентетраміну належать структурному класу $I4\bar{3}m$, $Z=2(4\bar{3}m)$);
- кристали органічних сполук так само, як і неорганічні, можуть існувати у поліморфних модифікаціях, але на відміну від неорганічних кристалів поліморфні модифікації однієї і тієї ж речовини відрізняються не структурою молекул, а їх взаємним розташуванням, і найчастіше це спостерігається у кристалах, молекули яких пов'язані між собою водневими зв'язками
- біологічні кристали живих систем завжди містять розчинник, на якому вони виростили - воду у вигляді розчину речовин середовища організму, яка становить від 30-85 об.% кристалічної біомолекули, і ці структури води відіграють принципову роль як у формуванні (зростання, молекулярна конформація, упаковка) біокристала, так і у реалізації процесів біоенергетики його життєзабезпечення (енергоперенос);
- структура біокристалів визначається також якісно-кількісним складом водного-маточного розчину, так як іони-осаджувачі істотно впливають на стабілізацію кристалічних решіток біомолекул.

Таблиця 3.1.

Кристалографічні характеристики неорганічних і органічних сполук [9]

| Неорганічні речовини | Органічні речовини |
|--|--|
| Сильні, поляризовані міжатомні взаємодії | Слабкі міжмолекулярні взаємодії |
| Стабільні атомні упаковки | Лабільні упаковки молекул |
| Неадитивність ковалентного зв'язування | Неадитивність дисперсійних взаємодій |
| Координаційні числа та координаційні поліедри | Молекулярне координаційне число і супрамолекулярні синтони |
| Структурні типи | Супрамолекулярні мотиви |
| Ізоморфізм, поліморфізм Тверді розчини заміщення і впровадження | Поліморфізм, змішані кристали |
| Структуроутворюючі мотиви із ковалентно зв'язаних атомів | Модифікація упаковок за рахунок кулонівських взаємодій |
| Розвпорядкованість атомних позицій | Розвпорядкованість молекулярних фрагментів |

- У кристалографії/кристалохімії в залежності від основи класифікують: однорідні і неоднорідні кристалічні структури [9, 76, 117].



Детальніше:

- *однорідні кристалічні структури* – це структури, утворені однаковими речовинами, мають рівноважну решітку, повністю заповнюють тривимірний евклідовий простір і характеризуються ненапруженим характером, лінійною структурою кристалічного осередку (пряmoreберною, плоскогранною), типові для сильних міжатомних зв'язків і неорганічних сполук;

- *неоднорідні/змішані кристалічні структури* – це структури, утворені різними речовинами, із урахуванням всіх хімічних зв'язків, які будуть у них утворюватися, включаючи слабкі, відповідають критерію повної зв'язаності кристалічного модуля із урахуванням всіх його атомів, типові для комбінації різних зв'язків і органічних сполук (табл. 3.1) [9, 76, 117].

- Змішані кристали - це загальна закономірність органічної кристалографії. Розрізняють [9, 76, 112, 117]:
 - симетричні незалежні молекули;
 - контактні конформери;
 - рацемічні тверді розчини;
 - клатратні комплекси та інші молекулярні фази.
- На сучасному науковому етапі в зв'язку із нелінійністю, аперіодичністю біологічних кристалів розроблено модульний напрямок кристалографії для їх опису та подальшого вивчення, який охоплює всі форми твердого тіла, включаючи структури зв'язаної води - системоутворюючої матриці для біокристалів живих біологічних систем [18, 32].
- Введення поняття «кристалічний модуль» для кристалографічного вивчення біомолекул живих біологічних структур виявився новим підходом у вивченні нелінійних характеристик біологічних молекул, змінило погляд на причину їх стабільності, оскільки був акцентований погляд на повній зв'язаності структури молекули згідно квантово-механічних характеристик атомів, які беруть участь у її утворенні .
- *Кристалічний модуль у біомолекулах* - це патерн кристалічного їх стану - мінімальний повторюваний об'єкт, який утворює

біологічні молекули; наприклад, кристалічний модуль в структурі води *in vivo* (рис. 3.10).



Детальніше:

Встановлено, що: - кристалічні модулі, як повторювані елементи, формують форму складних біологічних молекул, визначають їх морфологію, стехіометрію, симетрію, дальній порядок; - створення теоретичного підходу кристалічних модулів, таким чином дозволило вирішити проблему принципів самоорганізації молекул біологічних систем [18, 32].

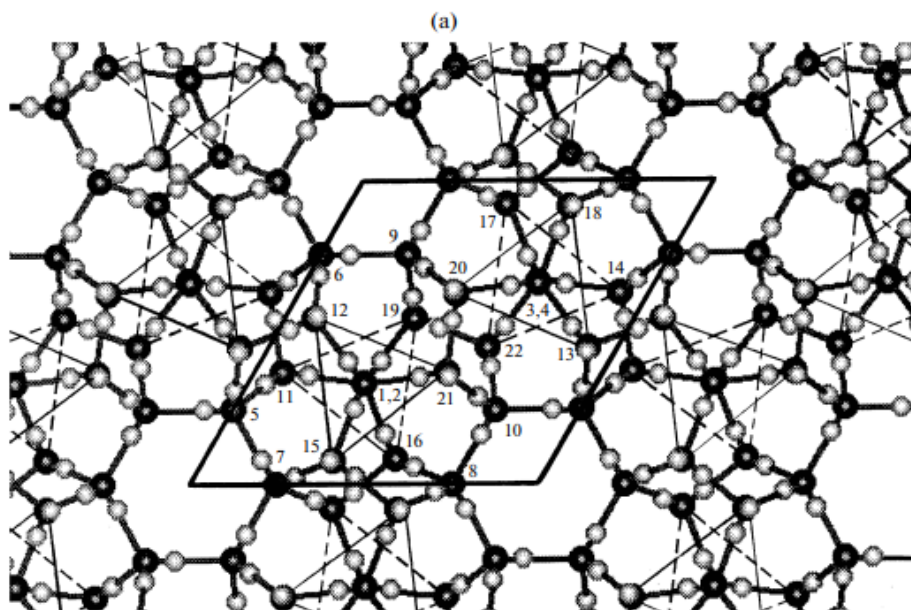


Рис. 3.10. Схема комп'ютерного дизайну молекулярного осередку структури кристалічного апроксиманта поверхневого шару води із можливим впорядкованим розташуванням Н у ній [18]: ромбом виділений кристалічний модуль.

- Фрактальність молекулярних біологічних структур являється ще однією особливістю організації живих біологічних систем.



Детальніше:

Заповнення евклідового тривимірного простору (яким є середовище біологічного організму) неевклідовими кристалічними модулями (якими є змішані/нерівноважні органічні кристали) можливо тільки в тому випадку, якщо ці модулі є квазіодномірними структурами (стрижні). Це призводить до того, що у евклідовому середовищі біологічної живої системи формуються фрактальні структури із неевклідових кристалічних модулів або їх кластерів -

різномірні самоподібні гіллясті стрижневі кристали із пустотами між їх гілками [12-14, 18, 32].

Значення основоположного у біології закону неадитивності чітко сформулював А. Сент Дьорді: *"Це найважливіше рівняння біохімії ($1+1>2$) справедливо для всіх об'єктів, від найпростіших до найскладніших. Якщо жива природа відрізняється за своїми властивостями від неживої, то не тому, що вона підпорядковується іншим законам, а у тому, що в живій природі "об'єднання" за законом ($1+1>2$) заходить значно далі, ніж у неживій"*.

Інакше кажучи: у модульних структурах (якими є біологічні молекули на відміну від рівноважних структур неорганічної природи), формально утворених універсальними структурними одиницями – Н-модулями і їх кластерами (триплетами або Т-кластерами), можливо декілька алгоритмів їх з'єднання між собою за різними групами перетину, але за умови, якщо ці структури дисконтинуальні. Тому в результаті у детермінованих структурах кожен алгоритм з'єднання модулів між собою відповідає новій структурі зі своєю метрикою і "морфологією", зазвичай нелінійної (спіралі, скорочення стрічки, кільця) і фрактально самоподібній. На кожному рівні ієрархічного з'єднання модулів можуть виникнути нові можливі варіанти сплетінь груп, що визначають нові властивості і будови, яких не було у вихідних частинах системи. Далі ці структури стають частинами на наступних рівнях і створюються нові можливості для еволюції системних структур на наступних рівнях, обумовлюючи різноманітність детермінованих нових або самоподібних фрактальних структур [18].

Наприклад, наочно це демонструється на фрактальних формах самоорганізації води в біосистемах (рис. 3.11).

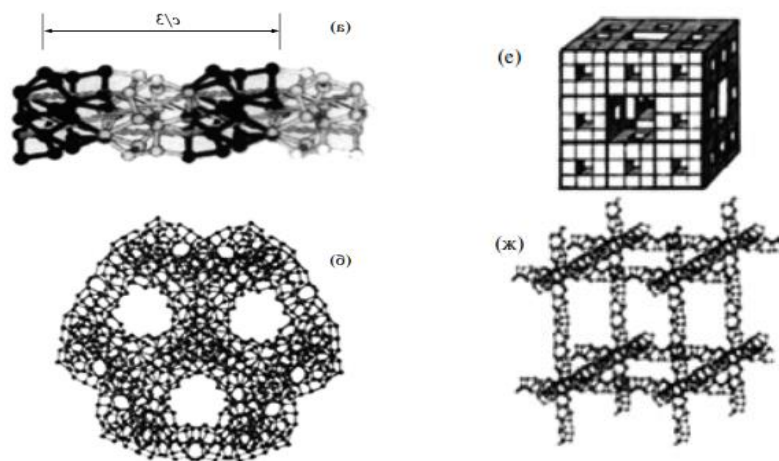


Рис. 3.11. Схеми ряду різних фрактальних форм організації молекул води: кристалічний стрижень - спіраль 30/11 (а), фрактал L^1 , подібний триплету з глобальною симетрією D_3 (б); фрактальна решітка Мальденброта, де мінімальний осередок відповідає осередку «ж» малюнка (е); дисконтинуальна фрактальна решітка зі спіралями 30/11 «а» малюнка і Т-кластерами (ж) [18].

- Принциповою відмінністю, яка має велике значення в реалізації феномена життя в біологічних змішаних кристалах, є їх *енергонапруженість*.



Детальніше:

Встановлено, що: - суцільні однорідні рівноважні кристалічні структури з евклідових модулів, мають лінійну структуру кристалічної решітки і не потребують надходження енергії ззовні для її побудови; - у таких кристалів при кристалізації має місце упорядкування структури атомів, зменшення ентропії системи і виділення енергії (наприклад, замерзання води у звичайних умовах зовнішнього середовища); - змішані кристали із неоднорідних речовин мають різні за якістю хімічні зв'язки (сильні і слабкі) та являються нерівноважними; - із урахуванням особливостей їх хімічних зв'язків осі молекул решітки є криволінійними, утворюють неевклідові модулі, що при кристалізації обумовлює необхідність постійного надходження енергії ззовні для зміни відстані між атомами в процесі росту кристалу задля формування пружних деформацій [12-14, 18, 20, 21].

З погляду узагальненої модульної кристалографії біополімерні молекули живих біологічних систем приймають форму саме енергонапружених кристалічних структур, структура і конформація яких при заповненні ними викривлених складних просторів підтримується енергетичними когерентними потоками перетвореної хімічної енергії АТФ, оскільки тривимірний евклідовий простір - природний простір для структур будь-якої форми стабільного нерівноважного стану. При цьому принципове значення має властивість молекул води так само приймати форму енергонапружених фрактальних кристалів (рис. 3.11) [18-21, 32].

Система енергетичних рівнів молекул.

Молекула має енергетичні характеристики, обумовлені електромагнітними характеристиками утворюючих її атомів.

- Енергія ізольованої молекули включає енергію обертання електронів, а також енергію коливання й обертання ядер кожного атома, що утворює її. Енергія ізольованої молекули може бути представлена у наступному вигляді:

$$E \approx E_{\text{ел}} + E_{\text{кол}} + E_{\text{обр}},$$

де $E_{\text{ел}}$ - електронна енергія, визначена електронною конфігурацією в молекулі, $E_{\text{кол}}$ - енергія коливання ядер відносно центру мас атома, $E_{\text{обр}}$ - енергія обертання ядер відносно центру мас атома [27, 28, 45, 56, 75, 98, 114, 149].

- Порядки енергетичних величин, які обумовлюють енергію молекули, наступні: $E_{\text{ел}} \sim 1-10 \text{ eV}$; $E_{\text{кол}} \sim 10^{-2}-10^{-1} \text{ eV}$; $E_{\text{обр}} \sim 10^{-5}-10^{-31} \text{ eV}$ [28, 45, 56, 75, 98, 114].
- Внесок кожного виду руху у повну енергію молекули є суттєво різним: $E_{\text{ел}} \gg E_{\text{кол}} \gg E_{\text{обр}}$ [28, 45, 56, 75, 98, 114].
- Кожна зі складових енергії ($E_{\text{ел}}$, $E_{\text{кол}}$ і $E_{\text{обр}}$) квантується. З огляду на велику різницю у їх величинах зобразити енергетичну схему рівнів молекули в масштабі виявляється не можливим.

На рисунку 3.12 показані два електронних рівня $E_{\text{ел1}}$ і $E_{\text{ел2}}$ та система коливальних й обертальних рівнів [28, 45, 56, 75, 98, 114].

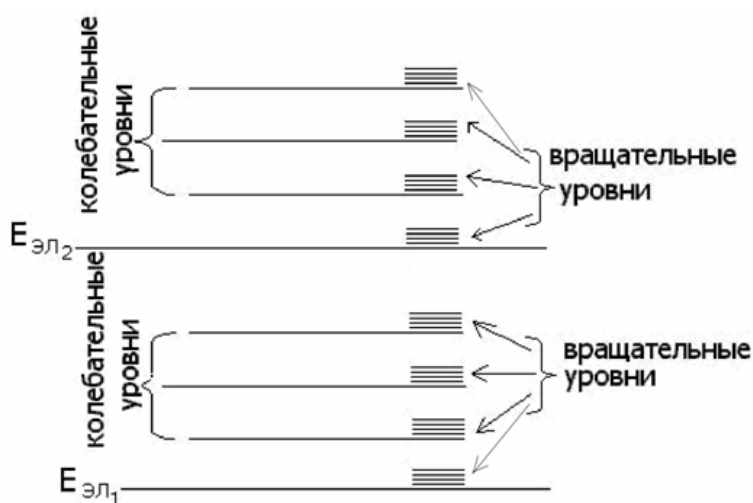


Рис. 3.12. Схема електронних рівнів $E_{\text{ел1}}$ і $E_{\text{ел2}}$ та система коливальних і обертальних рівнів [114].

- Система енергетичних рівнів молекули представляє собою сукупність далеко віддалених один від одного електронних рівнів енергії і має значно складніший характер молекулярних спектрів у порівнянні з атомними.



Детальніше:

Кожному електронному рівню відповідає набір ближче розташованих коливальних рівнів, кожному коливальному рівню відповідає сукупність ще тісніше розташованих обертальних рівнів.

Зміна $E_{\text{ел}}$ (електронний перехід) пов'язана із поглинанням або випусканням кванта у видимій або ультрафіолетовій області. Однак поряд із $E_{\text{ел}}$ при цьому процесі можуть змінитися енергії колювання й обертання - $E_{\text{кол}}$ і $E_{\text{об}}$. Тому даному електронному переходу у спектрі відповідає не одна лінія, а ряд близько розташованих ліній, що утворюють смугу.

При спостереженні спектру простих молекул приладами із великою роздільною силою видно лінії, які являються складовими смуги. У спектрі складних молекул зазвичай спостерігається одна або кілька досить широких суцільних смуг - так званий *електронно-коливально-обертальний* спектр, який характеризує молекулу в цілому і служить для ідентифікації речовин.

Для розуміння сутності протікання енергетичних процесів в живих системах, включаючи людину, важливо, що при поглинанні молекулою невеликої порції енергії $E_{ел}$ може залишитися незмінною, а коливальна й обертальна енергії можуть зрости (наприклад, при поглинанні енергії в далекій інфрачервоній області (0,1-1 мм) змінюється лише обертальна енергія молекул, і має місце чисто обертальний спектр; коливальним переходам відповідає поглинання у ближній і середній інфрачервоній області (1-100 мкм). Коливально-обертальні спектри широко застосовуються для вивчення структури складних молекул, оскільки багато груп, які входять до складних молекул (гідроксильна, карбонільна і карбоксильна групи, водневий зв'язок, тощо), характеризуються цілком певними частотами коливальних переходів. Наявність в інфрачервоному спектрі поглинання смуг, які відповідають цим частотам, говорить про присутність в молекулі певних груп [27, 28, 45, 56, 98, 114].

- Молекула, як і атом може знаходитися в *основному* або у *збудженому електронному стані* [28, 45, 56, 98, 114].
- Електронні стани молекули, як і атома, можуть бути класифіковані залежно від сумарного спіну молекули.
- Електронні переходи в молекулі також мають різну ймовірність і підкоряються певним правилам відбору.
- Розрізняють наступні збуджені стани молекул: *синглетний*, *дублетний*, *триpletний*. Молекули в дублетних і tripletних станах мають підвищену хімічну активність.



Детальніше:

Встановлено, що [28, 45, 56, 69, 98, 114, 162, 185]:

- 1) *синглетний збуджений стан* - це стан при якому два електрони, відповідні одній молекулярної орбіталі, мають антипаралельні спіни і при переході одного із цих електронів із основного енергетичного рівня на більш високий антипаралельна орієнтація спінів зазвичай зберігається та має місце синглет-синглетний перехід;
- 2) *дублетний збуджений стан* - це стан молекул, які мають один неспарений електрон; при цьому проекція спіну приймає два значення: $\pm 1/2$; - характерні для вільних радикалів;
- 3) *триpletний збуджений стан* - це стан, коли електрон при переході змінює первісну орієнтацію спіну на протилежну і на вищому енергетичному рівні з'являється електрон, що не спарений із рештою на

основному рівні; - перехід з основного стану у триплетний заборонений, але можливий процес, коли електрон із основного стану переходить у перший збуджений синглетний стан; - в результаті цієї взаємодії електрон виявляється на триплетному рівні T, який є метастабільним, так як перехід між триплетним і синглетним станами заборонений; - молекула може знаходитися у метастабільному стані досить довго, але оскільки заборона є не зовсім строгою, електрон здатний врешті-решт перейти із рівня T на основний рівень молекули; - молекули у триплетному стані, мають два неспарених електрони і можуть розглядатися як бірадикали.

- Якщо на живу речовину впливає певна енергія, то частина її атомів або молекул переходить у збуджений стан, або, інакше кажучи, у атомів речовини збільшиться заселеність вищих енергетичних рівнів. Потім число збуджених атомів або молекул буде поступово мимовільно (спонтанно) зменшуватися.

Для дозволених переходів середній час життя збудженого стану складає порядку 10^{-8} - 10^{-9} с. У метастабільному стані атом або молекула можуть перебувати значно довше, так як перехід із метастабільного стану до основного має малу ймовірність. Тому у речовинах, атоми або молекули яких мають метастабільні рівні, електрони затримуються на цих рівнях, і у речовині створюється підвищена (інверсна) заселеність вищих енергетичних рівнів [28, 45, 56, 98, 114, 162].

Квантово-механічні особливості будови молекул живих біологічних систем.

Більшість біомолекул (99% маси живої клітини) - це з'єднання атомів вуглецю (C) із воднем (H), киснем (O), азотом (N), фосфором (P), сіркою (S). Молекули жирів і вуглеводів складаються головним чином із вуглецю (C), водню (H), кисню (O), а білки - додатково до цих елементів містять азот (N), фосфор (P).

Особливістю молекул живих систем являється їх біополімерна будова із включенням у молекулярні ланцюги значної кількості атомів (значна молекулярна маса і довжина молекули) в можливих різних поєднаннях і станах (первинна-четвертинні структури, тощо).

Важливе значення в біоенергетиці живих систем мають ряд неорганічних і органічних молекул (вітаміни, тощо) і близько ста різних іонів, які беруть участь у метаболічних процесах молекулярного рівня та у реалізації механізмів життєзабезпечення живої біологічної системи.

Однак не дивлячись на специфічний склад, складну будову і організацію біополімерів, а також на наявність значної кількості інших молекул у живих біологічних системах, у їх функціонуванні реалізуються всі електромагнітні та квантово-механічні особливості складових їх атомів [98, 106].

- Стан електрона у молекулі також, як і в атомі описується за допомогою моделі хвильової функції, яка називається *молекулярною орбіталлю*.
- Молекулярну орбіталь електрона у молекулі можна представити у вигляді лінійної комбінації атомних орбіталей [98, 106, 118, 121].



Детальніше:

Хвильові функції, які описують стан електронів у молекулах, підкоряються рівнянню Шредінгера, проте вирішення його для молекул виявляється надзвичайно важким, оскільки при обліку міжелектронного відштовхування неможливо розділити змінні у рівнянні Шредінгера в жодній системі координат. Тому навіть для двохелектродної задачі не знайдена точна хвильова функція. На практиці розрахунок молекулярних орбіталей здійснюється різними наближеними методами, серед яких найбільш поширеним виявився метод лінійної комбінації атомних орбіталей. Цей метод заснований на припущенні, що на електрон, коли він знаходиться у молекулі поблизу ядра будь-якого атома, в основному діють сили з боку даного ядра та інших електронів, розташованих поблизу від цього ядра. Імовірно ці сили не дуже відрізняються від сил, що діють на електрон у відповідному атомі, тому можна припустити, що молекулярна орбіталь електрона, що знаходиться поблизу ядра будь-якого атома у молекулі, повинна нагадувати атомну орбіталь електрона у даному атомі. Тому молекулярну орбіталь електрона можна представити у вигляді лінійної комбінації атомних орбіталей [98, 106, 118, 121].

- Система молекулярних орбіталей складних органічних і біологічно важливих молекул утворюється з [98, 106, 118]:
 - локалізованих σ -орбіталей,
 - локалізованих і делокалізованих π -орбіталей,

- n-орбіталей, на яких знаходяться електрони неподілених пар атомів O, N, S.

- Заповнені орбіталі позначаються символами σ , π , n , а вільні - символами σ^* і π^* .
- Порядок зростання енергії орбіталей зазвичай буває таким: $\sigma < \pi < n < \pi^* < \sigma^*$ (рис. 3.13) [98].

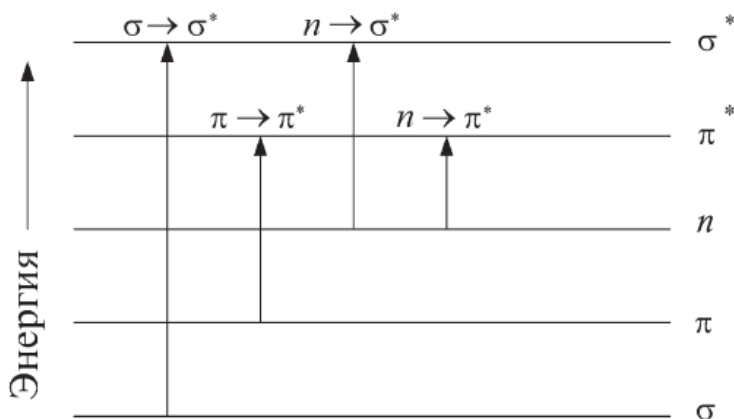


Рис. 3.13. Схема системи молекулярних орбіталей [98]: стрілками показані електронні переходи.

- В основному стані молекули всі її електрони розподілені по нижчим молекулярним орбіталям, вище яких розташовується ряд вільних орбіталей із більш високою енергією. Нижче збуджений стан відповідає переходу електрона із вище заповненої на нижчу вільну орбіталь [98, 106, 121, 167].
- Комплексні (координаційні) сполуки є речовинами, які важкі для теоретичного опису із квантово-механічних позицій [98, 106, 121].

Оскільки живі біологічні системи/біологічні молекули на 99% складаються із атомів вуглецю (C), водню (H), кисню (O), азоту (N), то із позиції системної медицини для формулювання магнітоелектрохімічної теорії обміну речовин необхідно розуміння квантово-механічних особливостей утворення і властивостей молекулярних орбіталей молекул, які містять атоми C, N, O [98, 106]

- Особливості утворення молекулярних орбіталей молекул, які містять атоми C, N, O полягають у наступному [98, 106]:

1) у наявності у них одинарних зв'язків σ -орбіталей, які забезпечують знаходження електрона в площині молекули;

2) у наявності у них π -орбіталей, які забезпечують знаходження електронів поза площиною молекули, чим обумовлюється висока реактивність молекули, утворення *подвійних зв'язків між атомами і системи делокалізованих π -електронів* або «електронів життя» - системи накопичення-конвертації-обміну енергією, а значить, інформацією.



Детальніше:

Валентними орбіталями атомів C, N, O є орбіталі 2s і 2p. Оскільки різні 2p-орбіталі по-різному орієнтовані у просторі, то потрібно вибрати систему координат. У якості єдиної осі для всіх молекул вибирається вісь z. У даній системі координат розрізняють 2p_x-, 2p_y- і 2p_z-орбіталі, які володіють різними властивостями.

Молекулярні орбіталі будуть утворюватись шляхом комбінації атомних орбіталей, здатних перекриватися між собою.

Залежно від того, які атомні орбіталі утворюють дану молекулярну орбіталь, розрізняють молекулярні *σ -орбіталі* і *π -орбіталі* [98, 106, 111].

- Особливості молекулярних σ -орбіталей [98, 106, 111]:
 - молекулярні σ -орбіталі утворюються при перекритті на осі z, уздовж якої два атоми взаємодіють один із одним варіантом орбіталей:
 - двох s-орбіталей (рис. 3.14, а),
 - s- і p-орбіталей,
 - двох p-орбіталей (рис. 3.14, б);
 - молекулярна σ -орбіталь (рис. 3.14, а, б) має форму еліпсоїду, який «охоплює» вісь z і «спочиває» на ній;
 - атоми, об'єднані σ -зв'язком, мають свободу обертання навколо неї (тобто щодо осі z), оскільки хмарам еліпсоїдальної форми властива осьова симетрія;
 - σ -електрони утворюють скелет локалізованих зв'язків;
 - у хімічних формулах σ -зв'язок позначається однією рисою (*одиначний* або *ординарний* зв'язок).

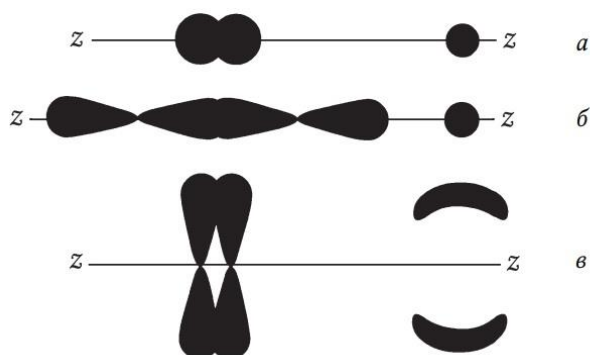


Рис. 3.14. Утворення молекулярних σ - (а, б), π - (в) орбіталей [98].

- Особливості молекулярних π -орбіталей [98]:
 - молекулярні π -орбіталі утворюються при взаємодії p -орбіталей двох атомів уздовж вісї x або y , перпендикулярних осї z (рис. 3.14, в);
 - молекулярна π -орбіталь (рис. 3.14, в) являє собою подвійну дводольову хмару (в розрізі - форма кvasолї), яка на зразок манжети «літає» над віссю z ;
 - заряд кожного π -електрона розподілений симетрично навколо осї, перпендикулярної напрямку одиночного зв'язку (осї z);
 - кожна π -орбіталь утворює подвійну дводольову хмару;
 - більша частина заряду π -електронів зосереджена поблизу двох «фокусів», розташованих по обидві сторони площини молекули, на відстанях приблизно 10 нм від неї; тому π -електрони перебувають завжди поза площиною молекули, утворюючи *подвійні зв'язки* між атомами;
 - у площині молекули щільність електронної хмари наближається до нуля і, таким чином, π -електрон завжди знаходиться поза площиною молекули, що обумовлює його вельми високу реакційну здатність.

Принцип вищевикладеного опису даних молекулярних орбіталей універсальний як для молекул живої, так і неживої природи. Однак принциповою квантово-механічною відмінністю функціонування полімерних біомолекул живих систем від молекул речовини неживої природи є їх *здатність до перетворення неорганізованої (теплової, хімічної, тощо) енергії у когерентну/квантову форму і її міжмолекулярне перенесення.*

Вважається, що міжмолекулярне перенесення енергії відбувається за рахунок функціонування сформованої, тривалої,

розгалуженої відповідно до структурної будови молекулярних біополімерів *системи делокалізованих π -електронів* їх молекулярних орбіталей, що і відрізняє принципово молекули живих біологічних систем від неживих [11, 29, 89, 98, 111, 142-144].

- Міжмолекулярне електронне перенесення за рахунок функціонування *системи делокалізованих π -електронів* є ключовою квантово-механічною особливістю, яка дає забезпечення феномену життя на молекулярному рівні у живих біологічних системах, включаючи людський організм.



Детальніше:

Було встановлено [89, 98, 111]:

1942 рік - Дж. Вейс (*J. Weiss*) відкрив явище міжмолекулярного перенесення.

1952-1964 роки - Р. Маллікен (*R.S. Mulliken*) розробив квантовомеханічну модель міжмолекулярного перенесення.

Основні положення:

- життєзабезпечення живих молекул відбувається в процесі обміну енергією і зарядами, а значить, інформацією, завдяки розвиненій системі делокалізованих π -електронів;

- для міжмолекулярного перенесення електронів необхідні:

1) сувора впорядкованість молекул - в живих біологічних системах вона забезпечується біологічними мембранами клітин;

2) особливості енергетичного статусу (різниця енергій основного і збудженого станів, характер розподілу щільності заряду по скелету молекули, розподіл орбіталей в просторі і в часі, тощо) - в живих біологічних системах забезпечується саме функціонуванням системи делокалізованих π -електронів.

У науці π -електрони прийнято називати «*електронами життя*» через наявність у них властивостей, завдяки яким відбувається все енергозабезпечення біологічних систем:

1) ефективно поглинати енергії сонячного випромінювання в видимому діапазоні;

2) ефективно акумулювати (конвертувати) сонячну енергію.

- Молекулі, яка володіє π -електронами, притаманні нелокалізовані багатоцентрові орбіталі, які належать не окремим атомам, а всій молекулі в цілому, і єдина хмара π -електронів дозволяє квантам енергії мігрувати не тільки в межах своєї молекули, але і переходити із молекули на молекулу, якщо вони структурно об'єднані в ансамблі [79, 84, 89, 98].

Фрагмент фізичного пояснення міжмолекулярного перенесення: у π -електронів різниця енергій між основним і збудженим станами значно менша, ніж у σ -електронів, і, що особливо важливо, приблизно дорівнює енергії фотону ($h\nu$) у видимих областях електромагнітного спектру: $\Delta W_{\pi} = h\nu$ (рис. 3.15) [98].

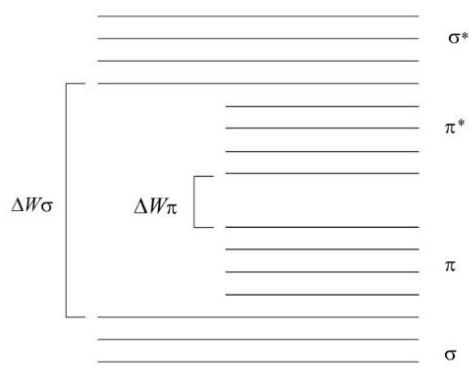


Рис. 3.15. Енергетичні рівні σ -електронів (в спокої - σ , при збудженні - σ^*), π -електронів (в спокої - π , при збудженні - π^*) [98].

Атоми фосфору (P), сірки (S) також мають велике значення у біологічному хімізмі живих молекул. Тому виходячи із позиції системної медицини і для формулювання магнітоелектрохімічної теорії обміну речовин важливим моментом є те, що для атомів O, N, S, P характерна наявність неподілених пар електронів - це *n-орбіталі* [98, 106].

- *Неподілені пари електронів* (*n-орбіталі*) - це електронні пари, які в ізольованому атомі займають орбіталі в тій самій оболонці або підоболонці, що і валентні електрони. Неподілені пари електронів сильно впливають на утворення зв'язків і властивості молекул, оскільки електрони, спарені на одній орбіталі, не мають можливості утворювати зв'язки із електронами інших атомів. Валентність атома визначається числом його неспарених електронів і електрони цих пар можуть включатися в загальну систему π -електронів, забезпечуючи свій внесок у функціонування делокалізованої системи π -електронів та феномена життя біологічної системи [98, 106].
- Азот і фосфор мають по одній неподіленій парі, кисень і сірка - по дві й утворюють аналогічну кількість *n-орбіталей* [98, 106].

Таким чином делокалізація електронів у молекулярних системах живих організмів є важливою і принциповою квантово-механічною особливістю забезпечення феномена біологічного життя.

З огляду на це все, багатоатомні молекули живих біологічних систем можуть бути розділені на дві великі групи: *неспрямжені системи і спряжені молекулярні системи* [78, 98, 111].

- Особливості *неспрямжених молекулярних систем* [98]:
 - неспряжені молекулярні системи містять лише ординарні зв'язки або ж у них є ізольовані кратні зв'язки, відокремлені один від одного або від атомів із неподіленою парою електронів, принаймні, одним атомом із насиченою валентністю;
 - молекули неспряжених молекулярних систем можна розглядати як складені із прилягаючих один до одного і майже не залежних один від одного зв'язків, кожний із яких описується локалізованою двоцентровою молекулярною орбітальною, яка аналогічна молекулярній орбіталі у двохатомній молекулі;
 - властивості утворюючих молекулу зв'язків (енергії зв'язків, довжини зв'язків, тощо) постійні, і для одного і того ж самого зв'язку, що входить у різні молекули, змінюються незначно.
- Особливості *спряжених молекулярних систем* [98, 106]:
 - *спряжені молекулярні системи* являють собою молекули, що містять кілька кратних зв'язків, у яких беруть участь сусідні атоми або ж молекули, до складу яких входять атоми із неподіленими електронними парами, розташовані поруч із кратним зв'язком;
 - для спряжених молекулярних систем характерні нелокалізовані багатоцентрові молекулярні орбіталі, що відносяться до молекули в цілому або, принаймні, до більшої її частини;
 - якщо молекула зі спряженими зв'язками містить атоми, що володіють неподіленими електронними парами, то електрони цих пар можуть включатися у загальну систему π -електронів.



Детальніше:

Для наочності наводиться квантово-механічний опис молекули бутадієну ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$) як прикладу спряженої молекулярної системи. У молекулі бутадієну ординарні зв'язки C-C і C-H розташовані *компланарно*

(рис. 3.16, а), тоді як $2p_x$ -орбіталі атомів вуглецю орієнтовані паралельно один одному і перпендикулярно до площини молекули (рис. 3.16, б).

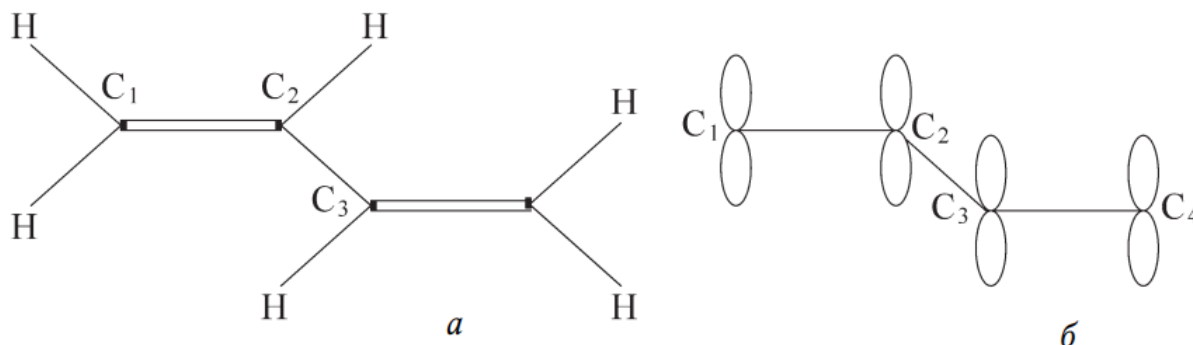


Рис. 3.16. Структурна формула молекули бутадієну (а) і розташування $2p_x$ -орбіталі атомів вуглецю в молекулі бутадієну (б) [98].



Детальніше:

Така орієнтація сприяє максимальному перекриванню орбіталей і забезпечує найбільшу стійкість всієї системи. $2p_x$ -орбіталь атома C_2 може однаково добре перекриватися із $2p_x$ -орбітальною як атома C_1 , так і атома C_3 . Внаслідок цього не можна вважати, що p -електрон атома C_2 утворює зв'язок лише із p -електронами атома C_1 або атома C_3 , тобто не можна говорити про сувору локалізацію p -електронів між двома сусідніми атомами. Це означає, що не можна говорити про існування ізольованих подвійних зв'язків. Подвійні зв'язки у даному випадку делокалізовані, оскільки чотири $2p_x$ -орбіталі утворюють єдину хмару π -електронів, певним чином розподілену по всій молекулярній структурі. Всі електрони бутадієну можна розділити на 2 групи: σ -електрони, які утворюють скелет локалізованих зв'язків, і π -електрони, що утворюють єдину рухливу систему, яка простягається вздовж усього скелета σ -зв'язків [98].

- Існування делокалізованих π -електронів є найважливішою властивістю молекул зі спряженими зв'язками оскільки:
 - Основні хімічні, фізико-хімічні та біохімічні властивості сполучених систем визначаються π -електронами, так як вони набагато більш рухливіші σ -електронів і з більшою легкістю вступають у хімічні реакції [98, 106].
 - Всі найбільш важливі біомолекули, із якими пов'язані основні функції живої матерії, являються повністю або частково спряженими системами [98, 106]:

- найбільш важливими складовими частинами нуклеїнових кислот є спряжені гетероцикли - пуринові і піримідинові основи;
- білки містять ізольовані спряжені ділянки (пептидні зв'язки); також вважається, що вторинна і третинна структури білків сприяють загальній делокалізації електронів;
- більшість ферментів проявляє каталітичну активність лише у поєднанні із коферментами, які практично всі відносяться до спряжених систем;
- у багатих енергією фосфатах рухливі електрони кінцевої фосфатної групи взаємодіють із електронами інших фосфатних груп та із електронами органічного радикала.

- Спряжена молекулярна структура і делокалізація електронів має ще ряд важливих для феномена життя біологічних значень [98, 106]:

- надає молекулі додаткову стабільність; наприклад, стійкість до дії іонізованого випромінювання, оскільки забезпечує можливість «розосередження» певних доз енергії без пошкодження структур зв'язку;
- забезпечує можливість перебігу таких реакцій, які не характерні для молекул інших типів завдяки можливості перенесення електронів і енергії між молекулами, об'єднаними в ансамблі (перш за все, на біологічних мембранах).



Детальніше:

Приклад значення квантово-механічного опису будови молекули дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК) для реалізації її біологічної функції. Нуклеотиди, які входять до складу молекули ДНК, можуть існувати у різних формах, що відрізняються стереоструктурою/положенням водню в молекулі. Форми із різною стереоструктурою називаються таутомерами, а перехід із однієї форми в іншу - таутомерним переходом. Для гуаніну перехід 1→2 (Г-Г*) пов'язаний із перенесенням протона від атома азоту до атому кисню. При цьому обидві таутомерні форми залишаються стійкими, рівні енергії протона в обох формах знаходяться у відповідних потенційних «ямах» і для зміни свого положення в молекулі гуаніну протони повинні за допомогою тунельного переходу подолати потенційний бар'єр, висота і форма якого сильно залежать від стану системи π -електронів. Це відображено на схемі, що ілюструє таутомерний перехід (1→2) із перенесенням протона від атома азоту до атому кисню в молекулі гуаніну і на відповідній енергетичній діаграмі процесу (рис. 3.17).

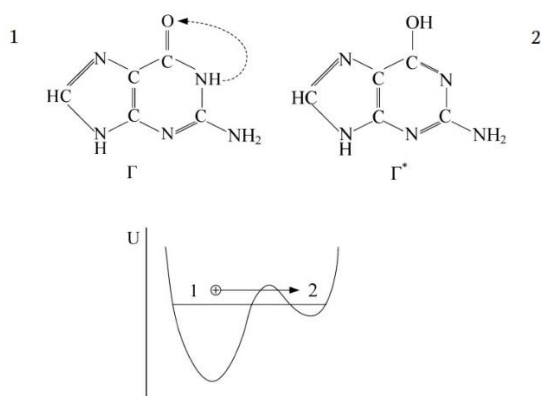


Рис. 3.17. Схема, яка ілюструє таутомерний перехід (1→2) із перенесенням протона від атома азоту до атому кисню в молекулі гуаніну та енергетична діаграма процесу [98].

У молекулі ДНК витримується строга комплементарність - гуанін пов'язаний із цитозином, аденін пов'язаний із тиміном. Якщо відбудеться таутомерний перехід в молекулі гуаніну, то вона буде комплементарно зчленовуватися вже не із цитозином, а з тиміном (рис. 3.18). Отже, наявність у молекули ДНК делокалізованої системи π -електронів, а також її стан можуть відігравати важливу роль у виникненні мутацій. Наприклад, дія іонізуючої радіації змінює стан електронів у молекулі ДНК, що і призводить до вираженого біологічному ефекту. Слід зазначити також, що протон, який знаходиться у потенційній «ямі», здатний змінювати свою енергію при дії різних випромінювань, що теж позначається на частоті мутацій. Такими факторами можуть бути електромагнітні поля радіочастотного діапазону, ультрафіолетове і рентгенівське випромінювання [98].

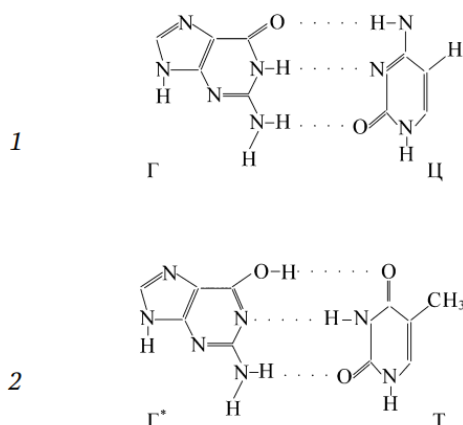


Рис. 3.18. Схема, яка ілюструє комплементарність нуклеотидних основ у молекулі ДНК: 1 - до таутомерного переходу в гуанін (гуанін - цитозин, Г-Ц); 2 - після таутомерного переходу в гуанін (гуанін* - тимін, Г*-Т) [98].

- Існування в молекулі ДНК рухомої системи π -електронів відіграє важливу роль і у механізмах передачі генетичної інформації - в реплікації ДНК.



Детальніше:

Цей процес починається із того, що комплементарні нуклеотидні основи однієї із пар розходяться, що неможливо без витрат вільної енергії. Одно із джерел її надходження - це енергія електростатичного відштовхування хмари електронів, поляризованої під дією електричного поля середовища, що оточує молекулу ДНК. Можливість такого механізму збільшується при збудженні π -електронів і при іонізації нуклеотидів. Тому реплікація ДНК може початися під дією тих чинників, які викликають мутації [46, 98].

З позиції системної медицини і для формулювання магнітоелектрохімічної теорії обміну речовин важливим для розумінні суті перебігу енергетичних процесів молекулярного рівня організації живої матерії є поняття і *класифікація можливих електронних переходів у складних молекулах.*

- Класифікація електронних переходів у складних молекулах пов'язана із типами молекулярних орбіталей, між якими відбувається перехід.
- У біологічно важливих макромолекул можливий цілий ряд переходів, що позначаються символами $\sigma \rightarrow \sigma^*$, $n \rightarrow \pi^*$, $n \rightarrow \sigma^*$, $\pi \rightarrow \pi^*$.
- Смуги, які відповідають $\sigma \rightarrow \sigma^*$ -переходам, зазвичай лежать у далекій ультрафіолетовій частині спектра. При $n \rightarrow \pi^*$ -переходах або $n \rightarrow \sigma^*$ -переходах один із електронів неподіленої пари переходить відповідно на π^* орбіталь або σ^* орбіталь. Смуги, які відповідають цим переходам, мають, як правило, малу інтенсивність.
- Найбільше значення для формулювання магнітоелектрохімічної теорії обміну речовин представляють $\pi \rightarrow \pi^*$ -переходи. Відповідні цим переходам смуги у спектрах поглинання зазвичай мають досить велику інтенсивність і лежать у ближній ультрафіолетовій або видимій областях спектра. *Для $\pi \rightarrow \pi^*$ -переходів характерно те, що за наявності системи сполучених зв'язків поглинена енергія кванта світла передається не окремому електрону, а всій колективізованій π -*

електронній системі. Тому наявність у молекул делокалізованих π -електронів може бути виявлена за присутністю характерних смуг у спектрах поглинання цих молекул.



Детальніше:

Квантово-механічне трактування $\pi \rightarrow \pi^*$ -переходів у білкових молекулах являється наочним прикладом. Так, до складу білків входять залишки таких амінокислот, як триптофан, тирозин, фенілаланін, які поглинають енергію в ультрафіолетовій частині спектру. Незважаючи на досить значні відмінності в структурі цих молекулярних залишків, спектри цих молекул схожі між собою, що може бути пояснено саме наявністю у всіх цих молекул розвиненої системи делокалізованих π -електронів, які призводять до появи у спектрах широкої смуги поглинання в області 260-280 нм, обумовленої $\pi \rightarrow \pi^*$ -переходами (рис. 3.19).

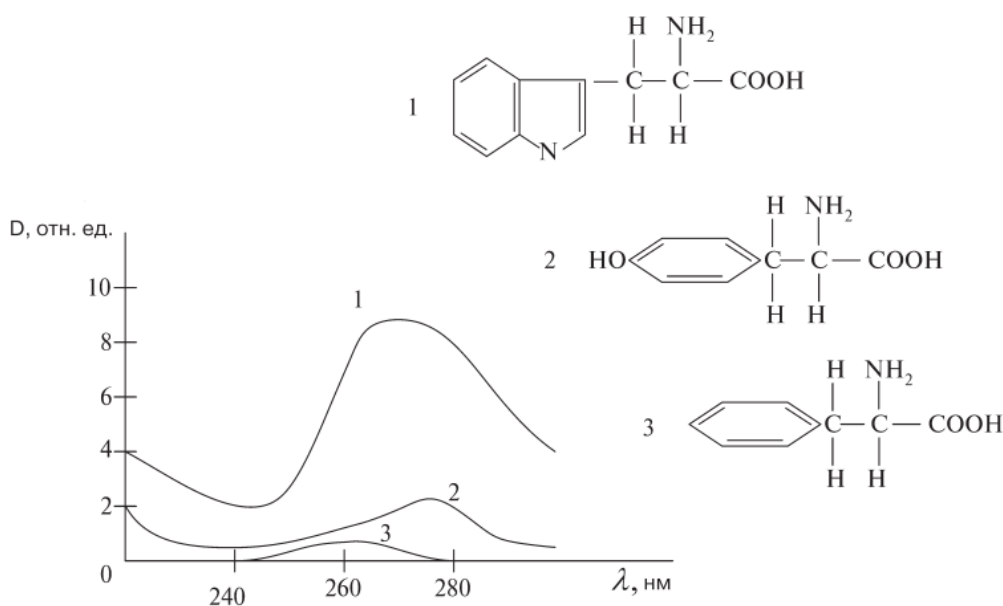


Рис. 3.19. Структурні формули і спектри поглинання ароматичних амінокислот: 1 - триптофану; 2 - тирозину; 3 - фенілаланіну [98].

Квантово-механічне трактування $\pi \rightarrow \pi^*$ -переходів в молекулі ДНК являється наочним прикладом також (рис. 3.20). Так, молекула ДНК містить 4 нуклеотидні основи: аденін, тимін, гуанін і цитозин, які розрізняються за структурою, але мають багато спільного у спектрах поглинання із максимумом в області 260 нм, що пояснюється поглинанням у них ультрафіолетового випромінювання системою π -електронів [98].

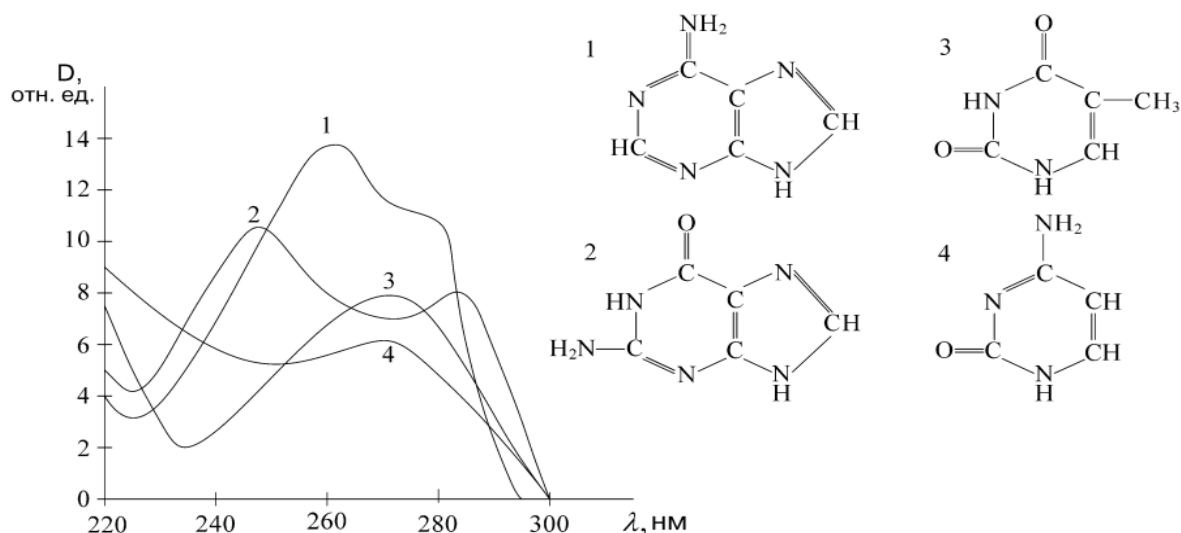


Рис. 3.20. Структурні формули і спектри поглинання пуринових і піримідинових основ: 1 - аденіну; 2 - гуаніну; 3 - тиміну; 4 - цитозину [98].

Механізми внутрішньо-молекулярного і міжмолекулярного перенесення енергії і заряду в живих біологічних молекулярних системах.

Молекула – це ключовий компонент живої біологічної системи, оскільки:

- Передача енергії від молекули до молекули по молекулярному ланцюгу становить основу енергетики живих біологічних систем і забезпечує унікальну узгодженість у функціонуванні живих біологічних систем різного рівня складності, включаючи людський організм.
- Існування делокалізованих π -орбіталей є найважливішою властивістю живих біологічних молекул.



Детальніше:

Встановлено, що [89, 98, 123]:

- значна рухливість π -електронів обумовлює велику реакційну здатність живих біологічних молекул і робить можливим перенесення енергії та заряду по ланцюгу спряжених зв'язків;

- на існуванні спряжених зв'язків у біологічно важливих молекулах базується динамічність перебігу життєвих процесів;

- молекули в клітині реалізують феномен біологічного життя саме шляхом обміну енергією і зарядом завдяки функціонуванню розвиненої системи делокалізованих π -електронів;

- наявність у біологічно важливих молекул колективізованої системи π -електронів, здатних приймати і віддавати енергію та заряд, дозволяє їм брати активну участь у різноманітних процесах життєдіяльності й в круговороті енергії у Всесвіті.

- Діалектична єдність структури і функції на квантовому рівні знайшла відображення у моделі «електронної схеми життя», що ілюструє значення колективізованої системи π -електронів живих біологічних систем, включаючи людину, в обміні енергії у Всесвіті.



Детальніше:

Колооборот енергії у природі базується на тому, що джерелом енергії для біологічного життя на Землі є зірка ближнього космосу - Сонце. Фотони складають основну частку випромінюваної Сонцем енергії видимого спектру хвильової енергії. На Землі фотони включаються у другу енергетичну ланку природного біометаболізму - фотосинтез-перетворення із наступною акумуляцією енергії в органічних речовинах рослинного світу. Транспорт збуджених π -електронів, що забезпечує конвертування сонячної енергії в макроергічних зв'язках молекул аденозинтрифосфату (АТФ), властивий не лише зеленим рослинам, але і хлорофілвмісним бактеріям. Енергетичний метаболізм тваринного світу складає третю ланку енергетичного природного ланцюга. Вуглеводи, білки, жири слугують основними поживними речовинами для гетеротрофів. У клітинному диханні/біологічному окисленні ключову роль відіграють потоки електронів і протонів, що переміщуються по «ферментному конвеєру» - дихальному ланцюгу. На сьогодні фізико-хімічні процеси фотосинтезу і клітинного дихання фундаментально вивчені та формалізовані. У ланцюзі структурно зв'язаних між собою макромолекул відбувається перетворення сонячної енергії в усі форми роботи, яку здійснюють біологічні системи. Тому здатність біомолекул передавати енергію є надзвичайно важливою властивістю для життєдіяльності живих біологічних систем [57, 90, 91].

У живих біологічних системах для складних органічних молекул характерні *внутрішньомолекулярне* і *міжмолекулярне перенесення* енергії й заряду [89, 98].

- Квантово-механічні особливості *внутрішньомолекулярного* і *міжмолекулярного перенесення* енергії і заряду [89, 98, 123]:
 - кожна з двох або більше автономних систем π -електронів живої біологічної молекули може проявляти спектральну незалежність і одночасно взаємодіяти із іншими молекулами;

- взаємодія π -електронних систем всередині молекули обумовлена міграцією енергії по ній, тобто є перенесенням енергії між різними функціональними групами цієї молекули.

- *Міграція енергії* - це безвипромінювальний обмін енергією між електронно-збудженою молекулою - донором (D) і молекулою в основному стані - акцептором (A): $D^*+A \rightarrow D+A^*$; - це фізичний процес, що не супроводжується хімічною зміною речовини; - це процес, який може відбуватися як між однаковими, так і між різними молекулами в напрямку від більш високого до нижчого або однакового енергетичного рівня [98].
- Відомі механізми міграції енергії:
 - 1) індуктивно-резонансний,
 - 2) обмінно-резонансний,
 - 3) напівпровідниковий,
 - 4) екситонний.



Детальніше:

Встановлено, що [89, 98]:

1) *Індуктивно-резонансна міграція енергії.*

Основні положення: - явище сенсibiliзованої флуоресценції барвників є доказом концепції індуктивно-резонансної міграції енергії; суть явища - ефективне збудження флуоресценції молекул акцептора світлом, що поглинається молекулами донора; - за певних умов до акцептору безвипромінювальним шляхом передається практично вся енергія донора через великі міжмолекулярні відстані (порядку 2-10 нм); - спостерігається лише у випадках, коли спектр флуоресценції донора і спектр поглинання акцептора перекриваються; - ефективність міграції прямо пропорційна площі перекриття, тобто чим більше частот, однакових для переходів $D^* \rightarrow D$ і $A \rightarrow A^*$, тим вища ймовірність резонансу; - при класичному розгляді можна вважати, що електронні системи молекул D^* і A є механічні осцилятори (на зразок маятників), здатні коливатися з однаковою частотою і взаємодіяти одна із одною, і коли молекула A виявляється поблизу від молекули D^* , з'являється певна ймовірність того, що молекула D^* , перш ніж випустити фотон, передасть акцептору свою енергію збудження; - перша особливість процесу: перенесення енергії відбувається із дуже високою швидкістю; друга особливість процесу: перенесення енергії може відбуватися на досить значні

відстані (наприклад, ефективно перенесення енергії в розчинах спостерігається на відстанях, що перевищують 10 нм, причому для міграції енергії не потрібно високоупорядкованої організації молекул, що беруть участь в ньому).

2) *Обміннорезонансна/триплет-триплетна міграція енергії.*

Основні положення: - 1952 рік - обмінно-резонансна міграція енергії була відкрита фізико-хіміком А.Н. Тереніним (1896-1967, СРСР) і фізиком В.Л. Єрмолаєвим (1946 СРСР-Росія); - енергія переноситься із триплетного рівня молекули D на триплетний рівень молекули A ($3D+1A \rightarrow 1D+3A$) при прямому перекриванні «триплетних» електронних орбіталей (електронних хмар) за рахунок електростатичних взаємодій електронів донора й акцептора; - чим більший об'єм ділянки перекриття, тим імовірніше перенесення, при якому партнери обмінюються електронами: акцептор отримує багатий енергією електрон донора, віддаючи йому свій бідний енергією електрон.

3) *Напівпровідникова міграція енергії/зонна провідність.*

Основні положення: - напівпровідникове (зонне) перенесення пов'язане із міграцією зарядів, що робить можливим просторове розділення окислювача (дірки) і відновника (електрона), а також тривале запасання енергії в пастках електронів, в якості яких можуть виступати домішки; - даний варіант міграції енергії тісно пов'язаний із питанням про напівпровідникові властивості біологічно важливих макромолекул. Наприклад, π -електронна взаємодія між основами в молекулі ДНК призводить до того, що цю гігантську молекулу можна розглядати як одновимірне тверде тіло і вивчати з позицій зонної теорії. Провідність кристалів ДНК зростає при опроміненні світлом, що відповідає переходу електронів із заповненої валентної зони у вільну зону. Невідомо, правда, до якого типу напівпровідників (п або р) можна віднести ДНК. Джерелом електронів, які здійснюють проведення струму, служать, ймовірно, домішки. Можливість руху електронів уздовж молекули ДНК між нуклеотидними основами з'являється завдяки перекриванню π -електронних систем цих основ.

4) *Екситонна міграція енергії.*

Основні положення: - при утворенні пари електрон-дірка в кристалах, коли електрони переходять із валентної у вільну зону, виникають так звані *екситони*, що утворюються у тих випадках, коли енергія збудження менше, ніж ширина забороненої зони; - при цьому електрон і дірка не можуть незалежно переміщатися у кристалі, а будучи зв'язаними один із одним, утворюють електрично нейтральну квазічастинку - екситон; - переміщаючись по кристалу, екситон переносить енергію, але не переносить електричного заряду; - екситони виникають зазвичай у

молекулярних кристалах, в яких внутрішньо-молекулярні зв'язки значно сильніші, ніж зв'язок молекул між собою; екситонний тип міграції енергії часто спостерігається в препаратах ДНК і білків, що підтверджує можливість надзвичайно швидкого і ефективного перенесення енергії у високоорганізованих молекулярних системах; - час екситонного перенесення енергії становить 10^{-14} с; - висока швидкість міграції дозволяє повністю уникнути втрат енергії збудження молекул; - екситонні перенесення є одним із можливих механізмів переносу енергії при фотосинтезі.

- Важливою властивістю складних біомолекул, які володіють розвиненою системою подвійних зв'язків і делокалізованою π -електронною системою, є їх здатність до міжмолекулярного перенесення заряду [98, 123].



Детальніше:

Комплекс із перенесенням заряду - це пара взаємодіючих молекул, одна з яких віддає електрони (донор), а інша - приймає їх (акцептор). Перекриття молекулярних хвильових функцій, а з ним і ймовірність перенесення заряду сильно залежать від положення енергетичних рівнів донора і акцептора, відповідно із чим розрізняють кілька варіантів перенесення: *слабке і сильне* (рис. 3.21) [98].

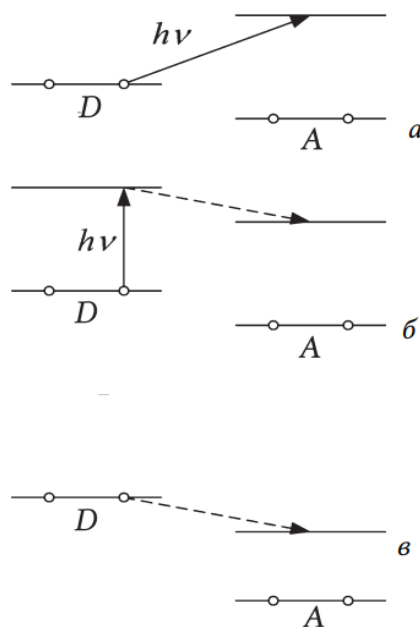


Рис. 3.21. Схема, яка ілюструє утворення комплексу із перенесенням заряду: слабе перенесення (а, б), сильне перенесення (в) [98].



Детальніше:

1) *Слабке перенесення.*

Основні положення: - не може відбуватись без поглинання квантів світла; - умовно прийнято виділяти два випадки слабого перенесення.

- *Перший випадок слабого переносу:* $A + D \xrightarrow{h\nu} AK \quad D \rightarrow A \quad K \quad D^+$ при цьому молекули A і D слабо взаємодіють в основному стані, оскільки при збудженні світлом відбувається фотоперенесення електрона із заповненої молекулярної орбіталі донора на вільну орбіталь акцептора (рис. 3.21, а), що проявляється в існуванні у комплексі A...D характеристичної смуги поглинання, яка відсутня в спектрах ізольованих молекул A і D – так званої *смуги переносу заряду* із максимумом в області більш довгих хвиль, на відміну від максимуму смуги поглинання донора; - після опромінення комплексу в смугі переносу заряду донор і акцептор представляють собою своєрідну іонну пару, тобто в збудженому стані комплекс практично іонізується під дією світла.

- *Другий випадок слабого переносу:* $A + D \xrightarrow{h\nu} (AK \quad D)^*$; - при електронному збудженні одного із компонентів комплексу утворюється його зв'язок із іншим компонентом; - в цьому процесі можна виділити перший етап (рис. 3.21, б), коли донор при поглинанні світла переходить у збуджений стан $D \xrightarrow{h\nu} D^*$ і другий етап, коли у збудженому стані D^* взаємодіє із A і утворює комплекс $D^* + A \rightarrow (A \dots D)^*$.

2) *Сильне перенесення.*

Основні положення: - сильне перенесення електрону може відбуватись у темряві (рис. 3.21, в); - при переході електрону з орбіталі донора на акцепторну орбіталь енергія виділяється, а не поглинається; - якщо кількості енергії досить для подолання електростатичного притягання електрону до донору, то електрон переноситься на акцептор без освітлення комплексу; - комплекс, що утворюється при сильному перенесенні, здатний дисоціювати в розчиннику на два вільних радикали, які інтенсивно поглинають світло різних довжин хвиль, в силу чого розчин набуває забарвлення; - перенесення електронів по макромолекулам супроводжується у багатьох випадках утворенням вільних радикалів, які мають високу реакційну здатність, і це є обов'язковим попередником більшості біохімічних реакцій.

- Здатність до передачі енергії і заряду живими біологічними молекулами визначається особливостями їх будови. Так селективність дії іонізуючого опромінення пояснюється міграцією поглиненої енергії по макромолекулі із локалізацією

ефекту в певній «слабкій» частині молекули, обумовленої особливістю структури й енергетичного стану.



Детальніше:

Підтвердженням викладеного може бути приклад квантово-механічного перенесення енергії і заряду в біологічній молекулярній системі *білків та нуклеїнових кислот при прямій дії іонізуючої радіації*.

Так, молекули білка або нуклеїнової кислоти можуть втратити свої функціональні властивості (інактивуватися) в результаті одиночного впливу кванта іонізуючого випромінювання, якщо процес йде із поглинанням енергії близько 60-70 еВ. Інактивації молекул передуює ряд послідовних фізико-хімічних процесів пошкодження структури макромолекули, які виникає в певній її ділянці, обумовленої особливістю структури й енергетичного стану. Закономірності іонізації і міграції енергії та заряду в молекулах білків обумовлені особливостями білкової будови, а саме тим, що молекули білка і ДНК мають величезну кількість хімічних зв'язків та за структурою нагадують «малі кристали», в поліпептидному ланцюзі яких атоми з'єднані ковалентними зв'язками, зумовленими обміном електронів між двома сусідніми атомами за допомогою як σ -, так і π -електронів. Дія гамма-кванта на атом вуглецю в молекулі білка (рис. 3.22, *а - праворуч*) призводить до втрати електрона, який забезпечував зв'язок цього атома із сусідніми.

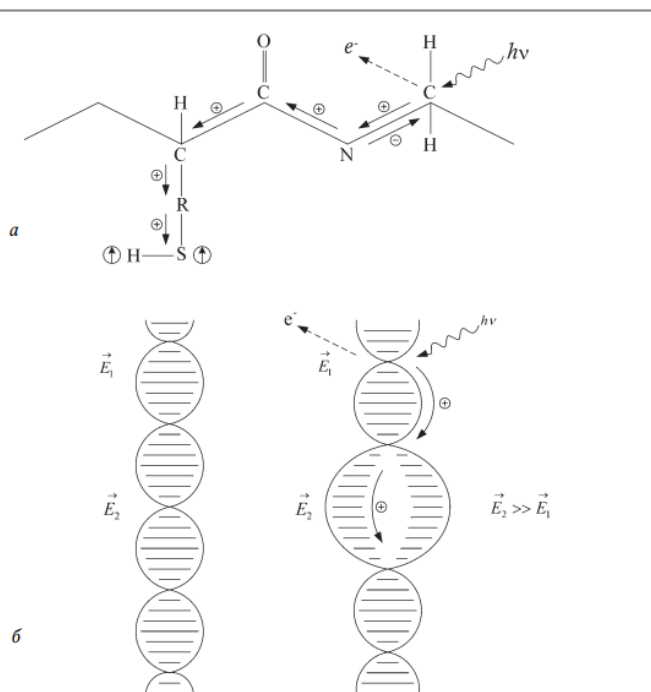


Рис. 3.22. Дія іонізуючого випромінювання на білки (а) і нуклеїнові кислоти (б): напрямок міграції дірок у молекулі вказано стрілками; стрілка із колом позначає міграцію неспареного електрона; rE_1 і rE_2 - локальні напруженості електричного поля [98].



Детальніше (продовження):

У малій молекулі подібна подія призвела б до її розпаду, тоді як в іонізованій макромолекулі атом, що втратив електрон, залишається на своєму місці (принаймні, протягом долі секунди), але несе тепер позитивний заряд. Він еквівалентний дірці у напівпровіднику. Тому електрон сусіднього атома прагне перейти до атома із діркою. Такий рух електрона відповідає переміщенню дірки у протилежному напрямку, наприклад, до атома азоту і далі (навіть у бічний ланцюг -R-SH). Кожен такий «крок» заряду займає час, необхідний для одного електронного переходу (близько 10^{-15} с). Міграція заряду по ланцюгу рівносильна переносу «надмірної» енергії збудження. Завдяки міграції енергії і заряду дірка досягає будь-якого доступного місця ланцюга протягом приблизно 10^{-12} с. Мігруючий заряд, якщо на його шляху зустрічається «слабка» частина, локалізується там, припиняючи подальше переміщення. Локалізація позитивного заряду у певного атома, наприклад, у атома сірки в групі -SH, призводить до розриву в цьому місці хімічного зв'язку й утворення неспареного електрона в атомі сірки та в атомі водню. Виникає складний біологічний радикал білка, що включає сірку і малий радикал водню. Неспарені електрони можуть утворитися і в інших атомах, наприклад, в атомах азоту й вуглецю. Білкова молекула у вільно радикальному стані має підвищену реакційну здатність. Тому такі білки-радикали миттєво вступають у різноманітні хімічні реакції (наприклад, реакції приєднання). Це у кінцевому підсумку призводить до зміни структури білкової молекули і до втрати нею біологічної функції. Аналогічний механізм іонізації й міграції дірки притаманний нуклеїновим кислотам при дії на них іонізуючого випромінювання. Так, дірка, що виникла при поглинанні енергії іонізуючої радіації в певному місці молекули ДНК і створила там електричне поле напруженістю E_1 , рухається вздовж осі молекули і локалізується у пари азотистих основ (нуклеотидів), де напруженість поля E_2 вище, ніж E_1 . Якщо E_2 стає достатньою для розриву хімічних зв'язків і поділу пари основ через сильну поляризації π -орбіталі, то наслідком локалізації дірки буде розплітання ДНК (рис. 3.22, б) і втрата біологічної функції. Міграції заряду по молекулам білків і нуклеїнових кислот сприяє перекриванню π -орбіталей у них. Потенційні енергетичні бар'єри, які зустрічаються на шляху руху зарядів, долаються, мабуть, за механізмом тунельного ефекту [98, 107-110].

- Як варіант внутрішньомолекулярного і міжмолекулярного перенесення енергії та заряду можна розглядати емісію фотонів/люмінесценцію молекул живих тканин.



Детальніше:

Живі молекули за фактом являються із функціональної точки зору «енергетичними машинами», які перетворюють неорганізовану енергію, що

надходить із молекули АТФ у когерентну енергію більш високого порядку. Емісія фотонів/люмінесценція може бути або наслідком, або паралельним процесом молекулярної енергопродукції. Живі біомолекулярні системи здатні випромінювати енергію/електрони, тобто люмінесціювати в процесі своєї життєдіяльності зі стимуляцією (вторинна люмінесценція) і без стимуляції (власна люмінесценція). Люмінесценція відображає процеси перетворення енергії в молекулах, тому люмінесцентний аналіз біооб'єктів використовується для експериментального вивчення біоенергетики [36, 38, 39, 89, 92, 98, 99, 181].

- За механізмом утворення розрізняють *фотолюмінесценцію* (виникає під дією квантів світла), *хіміолюмінесценцію* (виникає в результаті хімічних реакцій), *біолюмінесценцію* (не пов'язана із явним впливом на тканину будь-якої зовнішньої енергії) [89, 98, 99].
- *Фотолюмінесценція* за механізмом утворення і тривалості світіння ділиться на фосфоресценцію і флуоресценцію. Це два види фотолюмінесценції, які відрізняються за тривалістю світіння і за механізмом походження [98, 172].
- *Фосфоресценція* - це процес емісії/випромінювання фотонів у наслідок переходу молекули із порушеного триплетного стану (Т) в основний стан S_0 .



Детальніше:

Встановлено, що [98]:

- При фосфоресценції перехід молекули із збудженого триплетного стану (Т) в основний стан S_0 супроводжується випусканням кванта фосфоресценції за схемою: $T \rightarrow S_0 + h\nu_{\text{фосфоресц}}$, але із більшою тривалістю світіння, ніж при флуоресценції, так як цей перехід заборонений правилами відбору, і в природі вона зустрічається набагато рідше, ніж флуоресценція.

- *Основні параметри фосфоресценції:*

1) Спектр випромінювання - це розподіл інтенсивності випромінюваного світла за частотами (ν) або довжинами хвиль (λ): $I=f(\nu)$ або $I=f(\lambda)$, де I - інтенсивність флуоресценції ($\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$); - спектр флуоресценції складається із відносно широких суцільних смуг і при цьому спостерігається характерна зміна спектрального складу світла, що випускається в порівнянні із поглинутим; - у більшості випадків довжина хвилі флуоресценції більша, ніж довжина хвилі збудженого світла, тобто спектр фотолюмінесценції зміщений у бік довгих хвиль щодо спектра

світлового випромінювання, яке ініціювало цю люмінесценцію (правило Стокса).

2) Спектр збудження - це залежність інтенсивності від довжини хвилі збуджуючого світла.

- *Флуоресценція* - це процес емісії/випромінювання фотонів, обумовлений переходами зовнішніх валентних електронів, за рахунок яких утворюються хімічні зв'язки між атомами і молекулами. Тому виникнення нових зв'язків у молекулі і динаміка її взаємодії із середовищем призводять до змін енергетичних рівнів, у силу чого існує тісна залежність основних характеристик флуоресценції від фізико-хімічного стану молекул речовини.



Детальніше:

Встановлено, що [98]:

- Випромінювання квантів флуоресценції має місце в тих випадках, коли молекула переходить із синглетного збудженого стану (S^*) в основний (S_0):
 $S_1^* \rightarrow S_0 + h\nu_{\text{фл}}$.

- При опроміненні клітин хребетних і безхребетних тварин, а також рослин і мікроорганізмів короткохвильовим ультрафіолетом ($\lambda=250-280$ нм) можна зареєструвати флуоресценцію із максимумом в області 330-350 нм.

- Характеристики і параметри флуоресценції змінюються при змінах температури, рН та іонної сили середовища, в якій знаходяться випромінюючі молекули. З цією обставиною пов'язана висока інформативність флуоресцентного аналізу молекулярної структури речовини й її динаміки.

- *Основні параметри флуоресценції:*

1) квантовий вихід (ϕ) - це величина, що дорівнює відношенню числа випущених квантів $\eta_{\text{вип}}$ до числа поглинутих квантів $\eta_{\text{погл}}$, а енергетичний вихід η дорівнює відношенню енергії флуоресценції $W_{\text{фл}}$ до поглиненої енергії збудження $W_{\text{погл}}$:

2) енергетичний (η) вихід - ця характеристика флуоресценції пропорційна квантовому виходу, але, на відміну від нього, залежить від довжини хвилі збуджуючого світла.

- Флуоресценція може бути: власною і вторинної [98].
- *Власна флуоресценція* - це світіння власних тканин організму під дією світла за рахунок наявності в тканинах, відповідних структурно молекул (наприклад, складні білки із хромофорними коферментними угрупованнями), здатних флуоресцювати [98].

- Власна флюоресценція характерна для тканин організму, які містять складні білки з хромофорними коферментними угрупованнями, що здатні флюоресціювати під дією світла [98].

- *Вторинна люмінесценція* - це світіння тканин організму після введення у них люмінесцентних барвників (люмінофорів), які вибірково взаємодіють із певними компонентами клітини, не порушуючи їх функціонування – так званий метод флюоресцентних зондів.

- *Основні положення:* - комплекс флюоресцентного зонда і речовини, що виявляється за його допомогою має більш інтенсивну флюоресценцію, ніж сам барвник; - застосування вторинної флюоресценції дозволяє вивчати розподіл речовин в живих тканинах [98, 172].



Детальніше:

Встановлено, що [98, 99]:

- Хлортетрациклін - це флюоресцентний зонд на кальцій. Хлортетрациклін утворює складний комплекс із іонами кальцію, зв'язаними біомембранами, який флюоресціює тим інтенсивніше, чим більше кальцію адсорбувати на біомембранах.

- Фура - це флюоресцентний зонд на цитозольну фракцію Ca^{2+} . Синтезовані флюоресцентні зонди на нуклеїнові кислоти, білки, ліпіди і багато інших речовин. За допомогою флюоресцентних зондів оцінюють поверхневі заряди клітинних мембран.

- Власна флюоресценція біомолекул і живих тканин - це процес емісії фотонів/світіння, обумовлений власною ультрафіолетовою флюоресценцією живих тканин, головним чином, за рахунок світіння білків, причому цей процес у різних ультраструктурах клітини має характерні відмінності в різних органах і тканинах.



Детальніше:

Встановлено, що [89, 93, 98]:

Ультрафіолетова флюоресценція білків, як і поглинання ними випромінювання в області 240-300 нм, визначається ароматичними амінокислотами: триптофаном, тирозином і фенілаланіном. У клітинах людини і тварин міститься багато білків, до складу яких входять залишки триптофану, тирозину і фенілаланіну. Це актин, міозин, ферменти типу дегідрогеназ, фосфатаз, оксидаз, деякі гормони, ферменти травної системи,

альбуміни і глобуліни плазми крові та інші речовини. Власна ультрафіолетова флуоресценція цих білків залежить від вмісту в них залишку триптофану. Для нейтрального водного розчину триптофану при кімнатній температурі характерна флуоресценція з максимумом близько 350 нм і квантовим виходом $\phi=0,2$. Спектри флуоресценції зазначених вище білків зміщені у короткохвильову область на 10-25 нм щодо спектра флуоресценції розчину триптофану. Різні білки мають максимум світіння при неоднакових довжинах хвиль, хоча різниця між ними невелика (в межах 10-15 нм). Є відмінності і в квантовому виході флуоресценції триптофанвмісних білків.

Білки, до складу яких входять тирозин і фенілаланін, за відсутності триптофану, флуоресціюють приблизно так само, як тирозин. Такі спектри флуоресценції властиві РНКазі, колагену, інсуліну і ряду інших речовин. Їх максимум випромінювання припадає на ту ж саму довжину хвилі, при якій має місце максимум флуоресценції водного розчину тирозину ($\lambda=304$ нм). Квантовий вихід флуоресценції таких білків порядку $\phi=0,04-0,05$.

Світіння фенілаланіну виявляється лише у деяких унікальних білків, що містять його в значних кількостях при відсутності інших ароматичних амінокислот. Прикладом таких білків є кальцій зв'язуючі міогени, що містяться в м'язах риб. Молярний показник поглинання ультрафіолету фенілаланіном у 30 разів менше, ніж у триптофану, і майже в 7 разів менше, ніж у тирозину.

Спектри власної ультрафіолетової флуоресценції різних клітин мають подібну форму, хоча одні з них світяться сильніше, інші - слабше. Разом із тим неоднаково флуоресціюють різні ультраструктурні компоненти однієї і тієї ж клітини. Найбільш яскрава власна ультрафіолетова флуоресценція властива скорочувальному апарату клітини, мітохондріям і ядерцям.

- Біолоюмінесценція/біохіміолоюмінесценція - це вид емісії фотонів/люмінесценції живих молекул, які не пов'язані із явним впливом на тканину будь-якої зовнішньої енергії й обумовлена певними хімічними процесами, що відбуваються у живих клітинах, і, отже, є різновидом хіміолоюмінесценції.
- Для живих тканин характерна власна флуоресценція в червоній, жовто-зеленій, синій областях видимої частини спектру.



Детальніше:

Встановлено, що [93, 98]:

(1) Порфірини: характерна власна флуоресценція у червоній області. Порфіринова структура притаманна цитохромам, пероксидазі, каталазі, гемоглобіну, міоглобіну. У гемопорфіринах флуоресценція «погашена» атомами заліза, що обмежує можливості її дослідження в живих тканинах. При обробці тканини деякими речовинами атом заліза відривається від

простетичної групи внутрішньоклітинних гемопорфіринів, і тоді виявляється характерна червона флуоресценція порфіринів. Зазначеним прийомом користуються судові медики для виявлення окремих еритроцитів за їх порфіриною флуоресценцією після обробки досліджуваного об'єкта сірчаною кислотою.

(2) Піридиннуклеотиди (НАДН і НАДФН) і окислені форми флавопротеїдів: для них характерна власна флуоресценція живих тканин у синій і жовто-зеленій областях. Ці речовини беруть участь у таких процесах, як гліколіз, пентозний цикл, цикл Кребса, окислення жирних кислот і в клітинному диханні. Тому практично будь-які зміни в клітинному метаболізмі відображаються в динаміці флуоресценції НАДН і ФП, а вона, у свою чергу, може бути виявлена за допомогою люмінесцентного аналізу живих тканин.

НАДН володіє характерним спектром поглинання, що включає дві смуги поглинання в ультрафіолетовій частині спектру із максимумом в області 260 нм і 340 нм, а також власною синьою флуоресценцією з максимумом в інтервалі 465-480 нм. Перехід НАДН у окислений стан супроводжується втратою однієї смуги (при $\lambda=340$ нм) в спектрі поглинання із втратою здатності флуоресціювати. У окисленому стані флавопротеїди володіють характерним спектром поглинання і власною жовто-зеленою флуоресценцією із максимумом в області 530 нм, зумовленої рибофлавіном. При відновленні флавопротеїди втрачають власну флуоресценцію.

Неоднакова флуоресценція піридиннуклеотидів і флавопротеїдів у відновленій і окисленій формах лежить в основі використання флуоресцентного аналізу для кількісної оцінки клітинного дихання живих тканин. Посилення клітинного дихання супроводжується зміною співвідношення відновлених і окислених форм компонентів дихального ланцюга в бік переважання других над першими. Пригнічення дихання призводить до протилежного ефекту. Тому при посиленому диханні клітини в ній наростає жовто-зелена і загасає синя флуоресценція, тоді як для ослаблення дихання характерне посилення синього світіння НАДН і згасання жовто-зеленої флуоресценції флавопротеїдів.

- Модель системи делокалізованих π -електронів і вищеописані варіанти міграції енергії відображають факт передачі енергії по ланцюгах біомолекул, але вони не здатні повністю пояснити механізми подальшого перетворення енергії в молекулі і дати відповідь на найпринциповіше питання фундаментального природознавства: як ця енергія робить молекули у біологічній системі «живими» і «розумними», що забезпечує власне реалізацію феномена життя на молекулярному рівні.

На сьогоднішній момент у системному природознавстві вже загальновизнаним є факт, що жива біологічна система/організм не

може існувати, якщо до нього ззовні не надходить енергія для забезпечення процесів життєдіяльності. Основою енергетики людського організму прийнято вважати енергію хімічних перетворень їжі, що надходить до макрорганізму дискретно (порціями), переробляється і формує запас енергетично багатих речовин для постійного безперервного енергозабезпечення молекулярних енергетичних процесів життєдіяльності. В мітохондріях клітин із продуктів травної трансформації їжі відбувається синтез АТФ - біохімічного з'єднання, що є універсальним постачальником енергії для всіх міжмолекулярних взаємодій і процесів. Молекули АТФ, що утворилися в живих клітинах взаємодіють із будь-якими біополімерами клітин, передаючи молекулі-партнеру порцію хімічної енергії в кількості $\approx 0,18$ еВ. Довгий час було відсутнє наукове пояснення детальних механізмів процесів подальшого перетворення енергії у біополімерах із реалізацією високошвидкісних енергетичних процесів у молекулі, оскільки модель функціонування *системи делокалізованих π -електронів* не могла повною мірою дати відповіді на питання «Як власне відбувається подальше перетворення енергії в молекулі живої системи?» і «Що забезпечує «розумність» і синхронну черговість чисельних міжмолекулярних енергетичних процесів у живій системі та робить по суті «живими біополімери?»». Ці принципові питання не отримали у ХІХ-ХХ століттях вичерпного теоретичного пояснення. Ця проблема залишалася не вирішеною, оскільки б якими унікальними і специфічними квантово-механічними властивостями не володіли б біологічні молекули, але поза живою системою *in vitro* вони перестають бути живими, і не зрозуміло за рахунок яких механізмів це відбувається.

У ХХІ столітті прогрес розуміння перебігу квантових інформаційно-енергетичних електромагнітних процесів, ряд накопичених досягнень у фізиці води й ядерних систем дали можливість системного переосмислення наявних фундаментальних знань із формулюванням нових концепцій і теорій, здатних дати більш фундаментальне висвітлення питань молекулярного енергопереносу в живих системах із урахуванням ролі в них квантових електромагнітних процесів і води, як основи життя біологічних систем на Землі [92, 29-32].

Три наукових відкриття ХХ століття, найбільші за своєю фундаментальною значимістю як з'ясовалось тепер із позиції системного природознавства ХХІ століття, визначили теперішню можливість формулювання механізмів магнітоелектрохімічного формування феномена життя біологічних систем на молекулярному рівні:

- 1) теоретичне рішення задачі про перенесення енергії від молекули-носія аденозинтрифосфату (АТФ) до біополемеру і відкриття когерентного кванта енергії - *солітону* (А.С. Давидов, 1973 рік, СРСР) із експериментальним підтвердженням факту утворення солітону при самоканалізації акустичними фотонами на моделі білка (1984, СРСР) [3, 29-32, 44, 135-137];
- 2) теоретичне рішення задачі для ангармонічного полімеру, що перетворює енергетичні кванти, коли він знаходиться в електронному середовищі - воді з встановленням факту, що на кордоні «полімер-вода» солітон може перейти із ланцюга полімеру в середовище/воду, якщо він це середовище/воду поляризує і тоді він [солітон] буде переходити в це середовище/воду без втрат енергії (Дель Гжудічі; італ. *Del Giudice E*, 1985 рік, Італія) [29-32, 138];
- 3) відкриття законів фрактальної кристалізації води і власне факту, як у фізиці конденсованих середовищ відбувається поляризація води (Н.А. Бульєнков, 80-ті роки ХХ століття, СРСР) [13-22, 29-32, 130-131].

Ці наукові відкриття дали підстави для ряду фізиків у ХХІ столітті сформулювати нову фізичну теорію, що доповнює прогалину в питаннях перенесення енергії на молекулярному рівні, здатну пояснити феномен біологічного життя на молекулярному рівні і вперше пояснює роль молекул води в адекватному фізико-хімічному аспекті - більш широкому, ніж просто розчинник, відповідному квантово-механічним уявленням сучасного рівня розвитку фундаментального природознавства.

Так само у ХХІ столітті остаточно в межах цієї нової фізичної теорії були сформульовані уявлення відносно явища *самоканалізації енергії у ланцюгах біополімерів* і запропоновано принципово новий підхід до оцінки та вивчення перебігу енергетичних процесів у

живих біологічних системах - модель одиниці живої матерії – так званий «молекулярний осередок» (Л. Галь, кінець ХХ-початок ХХІ століть, СРСР-Росія) [29-35]. Використання моделі молекулярного осередку дає можливість реалізації формалізованого підходу у розгляді енергетичних процесів живих біологічних систем, що категорично неможливо при вивченні живої клітини, внаслідок значної складності її організації та функціонування. Тому модель молекулярного осередку повинна мати принципово важливе значення для подальшого вивчення біоенергетики живих систем і подальшого поглиблення розуміння питань фундаментального природознавства у функціонуванні живих біологічних систем різного рівня складності, включаючи людський організм.

СОЛІТОНИ.

- Процеси детермінованої самоорганізації молекул у живих біологічних системах є найбільш важливими і поки що проблемними питаннями для фундаментального природознавства, та формулювання теорії магнітоелектрохімічного обміну речовин. У середині ХХ століття стало зрозуміло, що самоорганізація молекул і енергообмін у живих біологічних системах здійснюються за допомогою транспорту електронів по ланцюгах біополімерів, проте власне фізичний механізм цього феномену довгий час залишався невідомим і дискутувався.

На сьогоднішній день абсолютно визнаним є факт енергозалежності та енергообумовленості процесів самоорганізації молекул, який пояснюється рухом енергії/електронів по ланцюгах біополімерів. Загальновизнаною концепцією стало розуміння того, що електрони, передаються молекулою АТФ біополімерам, рухаються по його ланцюгу і, переходячи від одного учасника реакції до іншого, підтримують різні ендоергічні біохімічні реакції. Однак фізичний механізм передачі електронів довгий час був невідомий і були відсутні концепції, здатні описати які саме молекулярні системи або процеси забезпечують у просторі та у часі ту високу точність, швидкість, скоординованість і ефективність міжмолекулярних фізико-хімічних взаємодій, безліч яких одночасно відбувається в живих клітинах організму, як ці процеси керуються й яким чином це керування реалізується на мікрорівні. Дані питання

виникли у 70-ті роки ХХ століття, коли в експериментах був встановлений факт, що рух енергії по ланцюгу біополімера відбувається із настільки високою швидкістю, що цей ефект ніяк не міг бути пояснений за рахунок загальноприйнятої моделі переносу енергії π -електронами, які перейшли до біополімерів від АТФ. Пошук вирішення проблеми міграції енергії по ланцюгу біополімера у середині ХХ століття обговорювався на спеціальній конференції Міжнародного союзу біофізиків у Нью-Йорку (1973, США) і отримав назву «криза у біофізиці». Дане завдання було вирішене фізиком-теоретиком академіком А.С. Давидовим (1976, СРСР), який запропонував нову модель міграції енергії, яка у подальшому у світовій літературі отримала назву «солітон Давидова» [135-137].

- *Фізичний механізм передачі електронів по ланцюгу біополімерів* - це екситонно-фононний механізм перетворення хімічної енергії АТФ біополімерами у когерентну енергію із подальшою передачею у вигляді солітону по ланцюгу біополімера.



Детальніше:

Фізична суть механізму передачі енергії безпосередньо по ланцюгах біополімерів полягає в тому, що біополімер перетворює хімічну енергію АТФ у когерентну форму і це дає можливість біополімеру не витратити енергію на теплові процеси, а транспортувати її безвипромінювально далі по своїм ланцюгах. Біополімер при цьому виступає в якості осцилятора-трансформатора енергії, що здійснює когерентне перетворення енергії завдяки квантово-механічним особливостям структури своїх первинних ланцюгів, які сформувалися ще на етапі хімічної еволюції [29-32].

- Для вирішення завдання про рух енергії по ланцюгах біополімерів А.С. Давидовим був виконаний комплекс теоретичних робіт, що безпосередньо стосувався біоенергетики та був справді революційним для фундаментального природознавства, оскільки було знайдено рішення суто нелінійної задачі стосовно феномену перетворення енергії й її руху по ланцюгах біополімерів, як одного із найважливіших етапів самоорганізації живої системи. Це дало підставу для подальшого сьогоденнього розуміння в аспекті системної медицини шуканого механізму, який може обумовлювати реалізацію системних інформаційних процесів/«розумна

поведінка» молекул біополімерів *in vivo*, що є немовби неживою матерією *in vitro*.



Детальніше:

Кількість енергії, яка виділяється при одному акті гідролізу фосфатної групою АТФ є незначною і становить приблизно 0,2 еВ. Даної кількості енергії недостатньо для безпосереднього збудження електронних станів молекули білка, але вистачає для ініціації внутрішньо молекулярних коливань диполів С=О, що входять до складу пептидних груп всіх білкових молекул (коливань групи Амід I). Такі коливання не можуть переносити енергію на відстані, що перевищують розміри однієї пептидної групи, тому питання про механізм перенесення енергії в ланцюгах біополімерів залишався відкритим і описувався просто констатацією перенесення по системі делокалізованих π -електронів [29-32, 135-137].

- 1973 рік - відбулося відкриття А.С. Давидовим (СРСР) механізму передачі енергії й її руху по ланцюгах біополімерів за допомогою трансформації в солітони.



Детальніше:

У 1973 році на конференції Міжнародного союзу біофізиків у Нью-Йорку (1973, США) А.С. Давидовим було повідомлено рішення цього завдання (яке було опубліковано у 1976 році). Показано, що у безперервних ланцюгах білкових молекул, збуджених надходженням хімічної енергії від молекули АТФ, будуть створюватися локалізовані коливання ангармонічних груп, що приймають форму «одиначної хвилі» - солітону і поширюються уздовж ланцюга без втрати енергії. Відкриття було науково визнано і у світовій літературі отримало ім'я автора - «солітон Давидова». Ідеї і результати були підтверджені експериментально, сприйняті біоматематикою та отримали подальше поширення у світовій науковій літературі.

Для усвідомлення механізму перетворення біополімером хімічної енергії взаємодії АТФ і біополімера в когерентну енергію була розроблена проста «жорстка» модель фізичного процесу збудження молекулярного ланцюга при передачі енергії в реакції АТФ→ білок колаген (перша частина моделі) і відтворення введення енергії АТФ у білковий ланцюг (друга частина моделі), яка зводилася до розрахунків над остаточною моделлю - лінійним ланцюжком диполів і точковим джерелом хімічної енергії.



Детальніше:

Реакція фізичного процесу збудження молекулярного ланцюга при передачі енергії в реакції АТФ→білок була обрана як типова хімічна екзоергічна реакція за участю АТФ і найбільш розповсюдженого біополімера живого організму – білка. Для побудови фізичної моделі енергетичного процесу міг бути обраний білок будь-якої структури, але оскільки завдання спочатку вирішувалось у одновимірному наближенні, то для такої моделі найбільш наочними можна було вважати ниткоподібні білки, а саме *колаген* (рис. 3.23).

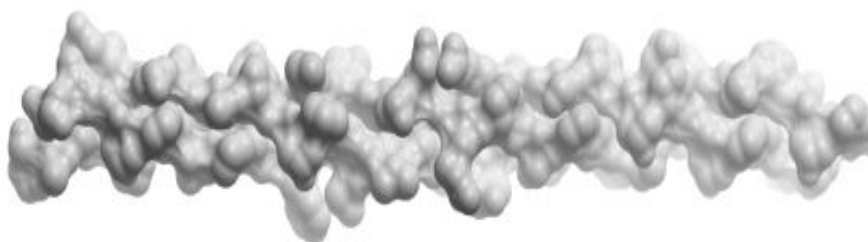


Рис. 3.23. Модельне зображення молекули колагену [32].

Колаген - білок, вміст якого становить до 25% загальної кількості білка живого організму, який у найбільшій мірі сконцентрований у сполучній тканини, являє собою ниткоподібну молекулу, що має довжину близько 300 нм і молекулярну масу близько 285 кДа, із третинною структурою молекули у вигляді правої спіралі, скрученої із трьох поліпептидних лівих α -спіралей (рис. 3.24). Зазначене дозволяє розглядати фрагмент конфігурації цієї молекули як одновимірний ланцюжок диполів, доступний математичному опису.

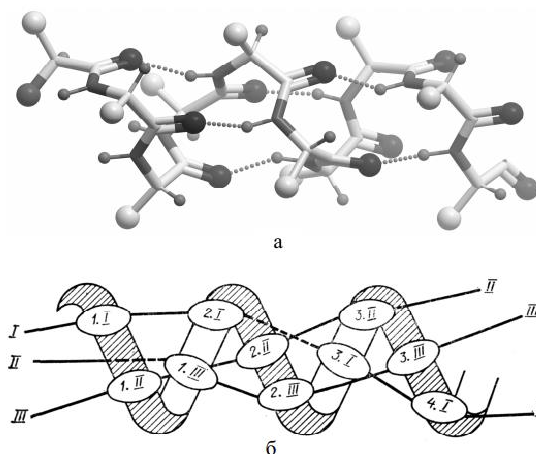


Рис. 3.24. Модель (а) і схема (б) поліпептидної лівої α -спіралі білкового ланцюга: еліпси - пептидні групи, лінії - водневі зв'язки [32].

Молекула *АТФ* - це універсальний енергоносіє організму, що забезпечує *in vivo* енергією більшість енергозалежних реакцій, який складається із трьох частин: нуклеїнової основи (аденіну), цукру (рибози), ланцюжка фосфатних груп (рис. 3.25).

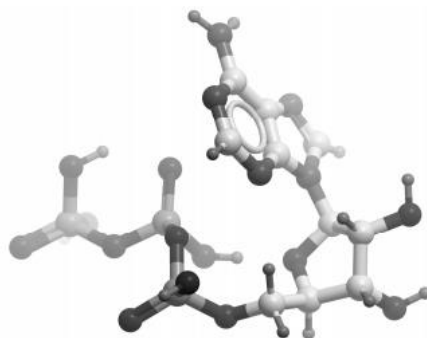


Рис. 3.25. Модельне зображення молекули АТФ [32].

З урахуванням складності будови молекул колагену і АТФ для проведення математичних перетворень було виконано подальше спрощення моделі зі збереженням лише послідовності молекулярних груп, відповідальних за пептидні зв'язки - поліпептидна ліва α -спіраль білкового ланцюга, а саме ділянка пептидного ланцюга з двома пептидними групами (рис. 3.24). Пептидні групи в цьому ланцюзі можуть вільно обертатися навколо одинарних зв'язків, внаслідок чого білкова молекула в цілому може приймати різні просторові конфігурації, в тому числі - розпрямлятися у лінію або згортатися у спіраль. Саме α -спіральна конфігурація є однією із бажаних для білкових молекул, і вона, зокрема, добре видна на моделі білкової молекули колагену. Свобода обертань пептидних груп дозволяє розглядати їх конфігурацію просто як одновимірний ланцюг диполів, після чого конфігурація молекули стає доступною для математичного опису.

Оскільки у сучасній біохімії передача енергії АТФ→білок розглядається як складний біохімічний цикл енергосполучених реакцій із утворенням проміжного продукту при одночасному гідролізі АТФ, то при розв'язанні задачі цей процес замінився твердженням, що у деякій точці «0», модельно представлений білковим ланцюгом відбулася передача хімічної енергії від енергоносія білку. У фізичній моделі були збережені в незмінності лише чинники, значущі для предмета розв'язуваної задачі: нелінійні (ангармонічні) групи Амід I в ланцюзі α -спіралі білка і факт передачі енергії молекулою АТФ [26, 29-32, 135-137].

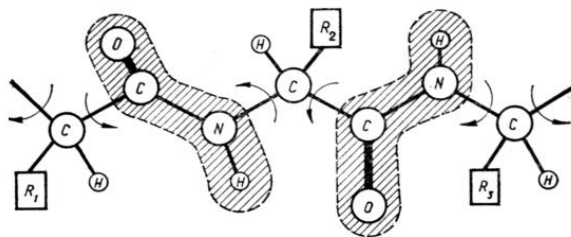


Рис. 3.26. Ділянка білкової молекули з двома пептидними групами (заштриховані): R1, R2, R3 - радикальні групи, які відповідають різним амінокислотам; стрілками вказані напрямки можливих обертань пептидних груп у білковому ланцюзі [32].

- Вирішення задачі А.С. Давидов спочатку провів у класичному наближенні для структури білка і пептиду, показаних на рис. 3.23 і 3.24. При цьому вийшло, що рішення окремого випадку дискретного нелінійного рівняння Шредингера при швидкості збудження, меншою швидкості звуку, яке описується амплітудною функцією $\Psi_c(\zeta, t) = (\sqrt{\alpha} Q/2 \text{sch}(Q\zeta))$, являє собою солітон. Коливальні солітони $\Psi_c(\zeta, t)$, збуджені локальними зовнішніми впливами при хімічних реакціях, є переносниками дальнодіючої енергії уздовж одновимірних молекулярних ланцюжків. Безпосередньо механізм локалізації і перенесення енергії може бути описаний нижче наведеними чином.



Детальніше:

Енергія, передана білку молекулою АТФ, викликає збудження і коливання її ланцюга. Залучені у збудження групи Амід I, здатні в силу жорсткості подвійного зв'язку C=O лише до поздовжніх коливань, напружують структуру молекули у межах цього зв'язку. Це локальне спотворення решітки діє як потенційна яма, що локалізує коливальну енергію і запобігає її дисперсії. Процеси колективного збудження в одновимірному ланцюзі дипольних пептидних груп маси M, розташованих уздовж осі z у вузлах $n\alpha$ ($n=0, \pm 1, \dots$) мають наступний опис. У такому ланцюзі коливальна енергія поздовжніх C=O осциляторів (Амід I) за допомогою фононних зв'язків (зв'язків коливання кристалічної решітки) діє на сусідні атомні групи і змінює структуру ланцюга в межах C=O. Ця зміна призводить до захоплення енергії групою Амід I, що запобігає подальшій дисперсії енергії і отримала назву ефект самоканалізації енергії. Виникнення самоканалізації енергії пов'язано із порушенням жорсткості у ланцюзі біополімера. «Гнучкі» зв'язки між пептидними групами в ланцюзі C-N, C-C визначають мінімальні значення її

поздовжньої пружності α , у той час як великі χ передбачають істотну взаємодію між коливаннями Амід I і фононами.

А.С. Давидов, спочатку вирішивши це завдання у класичному наближенні, потім уточнив рішення у наближенні квантово-механічному. У всіх випадках він використовував оператор енергії, що складався із трьох компонент: $H = H_{ex} + H_{ph} + H_{int}$ (1), де H_{ex} - оператор збудження коливань амідних груп (екситонів), H_{ph} - оператор поздовжніх коливань пептидного ланцюга (енергії фононів), H_{int} - оператор екситон-фононних взаємодій. У цих формулах підсумовування виконується за всіма цілочисельними значеннями $n=0, \pm 1, \pm 2, \dots$. Рівняння, що описують процес локалізації коливальної енергії, мають вигляд:

$$i \cdot d\psi_n / dt - \omega_0 \phi_n + J(\phi_{n+1} + \phi_{n-1}) = \chi(\beta_{n+1} - \beta_n) \cdot \phi_n,$$

$$3M \cdot d^2 \beta_n / dt^2 - 3\omega(\beta_{n+1} - 2\beta_n + \beta_{n-1}) = \chi(|\phi_n|^2 - |\phi_{n-1}|^2).$$

Тут величина ϕ_n є комплексною амплітуду C=O-осцилятора; ω_0 - частота коливань осцилятора і J - диполь-диполь зв'язок між сусідніми C=O-осциляторами; β_n - поздовжнє зміщення осцилятора; M - маса амінокислоти, ω - жорсткість пружини, що моделює α - подовжню пружність ланцюжка.

З фізичної точки зору величина χ , що характеризує ангармонічність (поперечну жорсткість), відповідає зміні частоти ω_0 коливання осцилятора C=O при зміні довжини $(\beta_{n+1} - \beta_n)$ пов'язаної з ним водневим зв'язком. Таким чином:

$$\chi = d\omega_0 / d(\beta_{n+1} - \beta_n).$$

Ця рівність експериментально підтверджується при порівнянні спектральних характеристик розтягуючого C=O-зв'язку від температури T із відповідними дифракційними вимірами довжини водневого зв'язку при тих же значеннях T . При $\chi \neq 0$ локалізована коливальна енергія виступає в якості джерела поздовжніх звукових хвиль, що описуються рівнянням опису процесу локалізації коливальної енергії. У адіабатичній апроксимації, тобто нехтуючи поздовжнім зміщенням осцилятора ($d^2\beta_n/dt^2=0$), з цього рівняння можна отримати формулу:

$$\beta_{n+1} - \beta_n = -\chi / (3\omega)|\phi_n|^2.$$

При підставленні його в перше з рівнянь, воно набуває типовий вигляд дискретного нелінійного рівняння Шредінгера для стаціонарних колективних збуджень, що переміщуються із постійною швидкістю V , меншою за швидкість звуку V_0 :

$$i d\psi_n / dt - \omega_0 \phi_n + \chi^2 / (3\omega)|\phi_n|^2 \phi_n + J(\phi_{n+1} + \phi_{n-1}) = 0.$$

Окремим вирішенням дискретного нелінійного рівняння Шредінгера при швидкості збудження, меншій за швидкість звуку, є вирішення, яке описується амплітудною функцією $\Psi_c(\zeta, t) = (\sqrt{\alpha} Q / 2 \operatorname{sch}(Q\zeta))$, що представляє

собою солітон. Це вирішення має місце при спектральному параметрі $\Lambda = -\hbar^2 Q^2 / (2m)$, де $Q = MaG / (2\hbar^2) = Ma\chi^2 / (2\kappa\hbar^2(1-s^2))$, а параметр нелінійності $G = \chi^2 / (\alpha(1-s^2))$, де $s = V/V_0$. У свою чергу спектральний параметр Λ характеризує енергетичні властивості молекулярного ланцюга і має вигляд $\Lambda = E - C_0 - W + 2J \cos k$, де E - повна енергія збудження (енергія, передана полімеру від зовнішнього джерела, наприклад, від АТФ), C_0 - енергія коливань дипольних груп (екситонів), W - енергія деформації полімерного ланцюга (фононів), $J = 2d^2/\alpha^3$ - енергія екситон-фононної резонансної взаємодії. Це вирішення розподілено в основному на відрізку $\Delta\zeta \approx 2\pi/Q$ в системі координат ζ , що рухається разом із збудженням зі швидкістю $V = sV_0 < V_0$. Профіль хвилі $\Psi_c(\zeta, t)$, яка описує солітон, в процесі поширення хвилі не змінюється ($\partial\Psi/\partial t = -V\partial\Psi/\partial x$, т.е. $\Psi_c(\zeta, t)$ - стаціонарна хвиля). Це збудження характеризує стійку гілку вирішення нелінійного рівняння Шредінгера ($s^2 < 1$). Оскільки солітони рухаються зі швидкістю, меншою швидкості поздовжнього звуку в ланцюзі, вони не випромінюють фонони, тобто їх енергія не перетворюється в енергію теплового руху. Відповідно до обраної моделі коливальні солітони $\Psi_c(\zeta, t)$, збуджені локальними зовнішніми впливами при хімічних реакціях, є переносниками дальнодіючої енергії уздовж одновимірних молекулярних ланцюжків, тобто в (1+1)-мірному випадку.

Наведене вище вирішення, назване самоканалізацією енергії акустичними фононами, було отримано при використанні гармонійного наближення для опису взаємодії між пептидними групами, коли зміна рівноважних положень молекул в системі визначалася класичними рівняннями руху. Це дозволяє розглянути основні властивості солітонів в молекулярних ланцюгах, проте воно обмежене умовою $s^2 < 1$ [29-32, 135-137].

▪ Отримання вирішення для оптичного солітону (солітону, що виникає при поглинанні світла або іншого кванта електромагнітного поля) є наступним результатом розвитку теорії А.С. Давидовим, у якій були враховані квантові флуктуації рівноважних положень молекул і їх теплові коливання щодо нових положень рівноваги. Встановлено, що у цьому випадку з молекулярного ланцюга переміщується квазічастинка, що представляє собою електрон із локальною деформацією, що отучує його - *електросолітон*.



Детальніше:

При перенесенні енергії нейтральними збудженнями (енергетичними солітонами) електричних явищ в ланцюзі біополімера не виникає. Однак значна кількість біологічних явищ безпосередньо пов'язана із перенесенням електронів від донорних молекул до акцепторних. Якщо перенесення електронів відбувається у хімічних міжмолекулярних редокс-реакціях, це

може бути описано як процес квантово-механічного тунелювання. Але якщо перенесення електрона відбувається між віддаленими центрами на протяжному молекулярному ланцюзі, в якому атоми й атомні групи пов'язані між собою ковалентними, водневими або ван-дер-ваальсовськими силами, можливість простого тунелювання стає дуже малоюмовірною, а інші механізми не представляються фізично обґрунтованими. Для цього випадку механізм перенесення електрона може бути знайдений, якщо врахувати нелінійну взаємодію між атомними групами в самому молекулярному ланцюзі, по якому рухається електрон, у вигляді зсувів рівноважних положень атомних груп молекули. Встановлено, що у цьому випадку із молекулярного ланцюга переміщується квазічастинка, що представляє собою електрон із оточуючою його локальною деформацією, названий А.С. Давидовим «електросолітоном». Стабільність електросолітона обумовлена взаємною компенсацією в молекулярному ланцюзі ефектів нелінійності та дисперсії і найбільш проявляється у м'яких одновимірних ланцюжках із пептидних груп в білках. Рухаючись завжди зі швидкістю, меншою швидкості поздовжнього звуку, електросолітон не випромінює фононів, тобто не втрачає своєї енергії [29-32, 129].

- Механізм утворення електросолітону повністю вирішує задачу пояснення ефективності перенесення електронів без витрати енергії в ланцюгах електронного транспорту. З нього також випливає, що α -спіральні ділянки білкових молекул є ідеальними шляхопроводами для руху електронів у формі електросолітона від донорних до акцепторних кінців молекул [35, 174, 176].
- Аналогічний механізм отриманий і для руху по молекулярному ланцюгу двох спарених електронів, що також переміщуються одночасно із деформацією молекулярного ланцюжка.



Детальніше:

Сумарний спін електронів у спареному стані дорівнює нулю. Такий стан пов'язаних електронів Давидов назвав *біосолітоном*. Біосолітони переносять пари електронів у синглетному спіновому стані уздовж ланцюжків біомолекул без втрати ними енергії, що має особливе значення для фізичного обґрунтування процесів синтезу і гідратації молекули АТФ у живих організмах [29-32, 135-137].

- Утворення солітону при самоканалізації акустичними фононами було підтверджено в 80-х роках ХХ сторіччя у експериментальних дослідженнях Карері на моделі білка, в

якості якої була використана молекула ацетаніліду $\text{CH}_3\text{CONHC}_6\text{H}_5$ [132].



Детальніше:

Динамічна поведінка молекули ацетаніліду $\text{CH}_3\text{CONHC}_6\text{H}_5$ схожа із динамікою молекул природного білка, оскільки обидві молекули мають близькі значення відстаней кутів у пептидній групі CONH. Причому і в кристалічному ацетаніліду, й у α -спіральной структурі білка, дослідженої А.С. Давидовим, мають місце пов'язані водневим зв'язком пептидні канали із атомною структурою $\text{H-N-c=O}\cdots\text{H-N-C=O}\cdots\text{H-N-c=O}$. Кристал ацетаніліду досліджувався методом «накачування-проба», у якому накачування здійснювалося лазерним імпульсом на частоті 1640 см^{-1} тривалістю 150 фс. В інфрачервоному спектрі поглинання кристала спостерігався пік самоканалізації (солітон) при 1650 см^{-1} і стандартний делокалізований пік при 1665 см^{-1} . Експериментально було встановлено, що існує й інше місце самоканалізації енергії - міжатомні зв'язки N-H, де H пов'язаний водневим зв'язком із іншим лігандом молекули (або із молекулою води). Ця група мод веде себе таким чином тільки тоді, коли протон бере участь і в NH-коливанні, й у водневому зв'язку, що збільшує параметр нелінійності χ [29-32, 126].

- *Енергія АТФ може трансформуватися у солітон в будь-якому полімерному білку in vivo:* виходячи із принципів фізичної синергетики, солітон, як фізичне вирішення задачі переносу по ланцюгах біополімерів, є правильним для будь-якої системи білок-АТФ, оскільки в моделі самоканалізації акустичними фононами при дії зовнішньої енергії збудження самоканалізація енергії була обумовлена лише колективними нелінійними коливальними процесами, які мають місце у дипольному ланцюзі із достатнім параметром нелінійності χ [29-32].
- *Енергія АТФ може трансформуватися у солітон в будь-якому біополімері in vivo:* механізм передачі енергії у формі солітону є рішенням для будь-яких біополімерів, у яких параметр нелінійності становить $G=\chi^2/\alpha \gg 0$, оскільки для його реалізації відсутня будь-яка біохімічна специфіка молекулярного ланцюга, крім її ангармонізму [29-32].
- Квантово-механічний розгляд суті механізму перенесення електронів у біополімерах показує, що *солітони* [3, 29-32, 40, 62, 63, 135-137]:

- це кванти енергії, кожен із яких переносить уздовж молекулярного ланцюга кількість енергії, що дорівнює енергії поздовжнього коливання $C=O$ -зв'язку;
 - це кванти енергії, утворені при її самолокалізації у коливальних процесах на різних ангармонізмах молекулярних структур, які за своєю «енергетичною сутністю» і за величинами енергій квантів повністю ідентичні фотонам електромагнітного поля в діапазоні частот від $\sim 10^{14}$ Гц і нижче, при цьому даний діапазон малих енергій є біологічно значимим, що проявляється в активному відгуку живих організмів на зовнішній вплив електромагнітного поля будь-якого походження в діапазоні цих частот;
 - це кванти енергії області малих енергій, що виникають в процесі самоканалізації енергії в молекулярних коливаннях ланцюгів біополімерів, які є формою матерії, що забезпечують перебування речовини в стані біологічного життя/феномена життя, оскільки транспортування енергії в формі солітонів по молекулярним ланцюгам є біохімічний потік енергії, що забезпечує всі взаємодії суттєвих складових живої клітини.
- Квантово-механічний розгляд суті механізму перенесення електронів у біополімерах показує наступні особливості енергообміну на молекулярному рівні [29-32, 62, 63, 135-137]:
- енергія, яка вноситься зовнішніми джерелами в ланцюг біополімера живих систем, перетворюється ним у когерентну - у квант енергії - солітон/електросолітон/біосолітон;
 - когерентна енергія у вигляді солітону вільно і без втрат транспортується по молекулярному ланцюгу, забезпечуючи можливість реалізації всіх біохімічних процесів у живій системі на мікрорівні: ендоергічні реакції біополімерів, їх конформації і механічне переміщення у цитоплазмі клітини;
 - при цьому солітони транспортуються лише по ланцюгах біополімера, є «біохімічним потоком енергії» живої

клітини, забезпечують феномен біологічного життя на молекулярному рівні *in vivo*;

- оскільки результатом взаємодії некогерентної хімічної енергії із молекулярним ланцюгом біополімера є її перетворення в енергію когерентну і квантовану, то це визначає, що така енергія поглинається молекулою не у будь-яких, а лише у резонансних процесах, що принципово важливо при міжмолекулярних взаємодіях.

- Для розгляду питання обміну речовин із позицій системної медицини і формулювання магнітоелектрохімічної теорії обміну речовин важливо розуміти, що [3, 29-32, 40, 62, 63, 135-137]:

- солітон - це не особливий вид енергії, а особлива форма її трансформації - форма «стоячої хвилі», «хвиля трансляції», «частинкоподібна магнітна хвиля», яка за своїми властивостями здатна переносити не тільки енергію, але й інформацію; - це особливий тип нелінійних відокремлених хвиль (хвильових пакетів), які зберігають свою форму та швидкість при своєму русі і зіткненнях один з одним; - це відокремлена структурно-стійка хвиля в нелінійному середовищі з дисперсією (яким і являються живі біологічні системи), стаціонарність структури якої в середовищі без втрат і притоку енергії підтримується за рахунок балансу між дією нелінійного середовища, що приводить до укрупнення (стиску) хвильового профілю і дисперсії, яка приводить до розпливання хвилі (рис. 3.27-3.29);

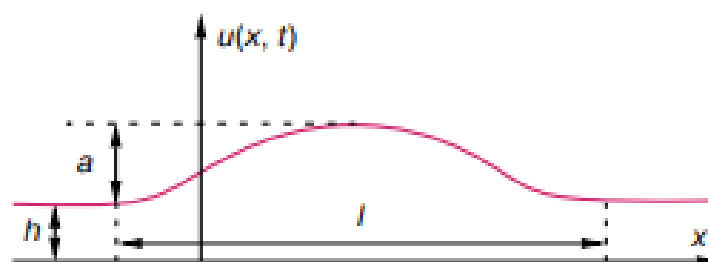


Рис. 3.27. Одиночний солітон і його параметри [63].

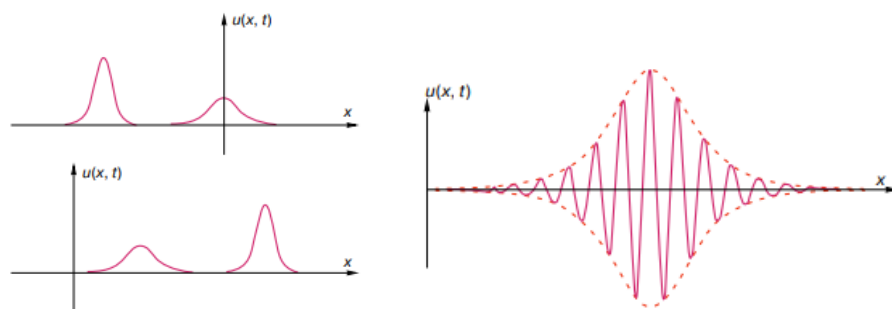


Рис. 3.28. Два солітони, які описані рівнянням Кортевега-де Фріса до (угорі ліворуч) і після (внизу зліва) взаємодії, і груповий солітон (виділено пунктирною лінією) [63].

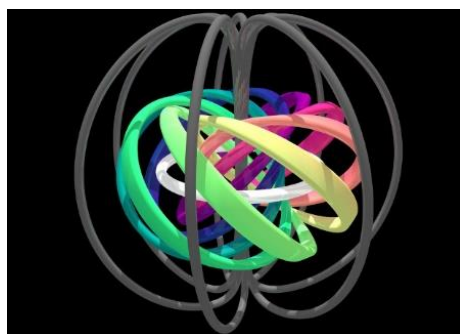


Рис. 3.29. Модель топологічної структури квантово-механічного вузлового солітону із сайту <https://nplus1.ru/news> [148].

- солітони ведуть себе подібно частинкам (частинкоподібна хвиля): при взаємодії один із одним або із деякими іншими збуреннями вони не руйнуються, а розходяться, зберігаючи свою структуру незмінною; - це свого роду зворотний приклад із філософського погляду по відношенню до матерії, яку ми звикли сприймати як частинку, а вона є і хвиля, солітон же є хвиля із властивостями частинки (рис 3.28);

- оскільки солітон це фундаментальна форма транспортування енергії, то солітони можуть виникати у всіх формах матерії, бути різноманітними і різними в залежності від середовища виникнення (оптичні, іонозвукові, магнітозвукові, магнітні, гравітаційні, солітони у твердих кристалічних тілах (так звані дислокації по типу "дірки" у кристалічній решітці, які здатні до переміщення),

солітоноподібні імпульси, тощо), на поверхні рідини, різноманітні за кількістю (поодинокі, групові, пакети, тощо) і якісних параметрів, структура яких продовжує зараз активно вивчатися і моделюватися (рис. 3.29);

- феномен солітону є універсальним природним явищем і відкритий у математиці, океанографії, гідромеханіці, акустиці, радіофізиці, оптичній техніці, астрофізиці, біології, тощо.;

- інформаційне перенесення шляхом солітонового механізму є енергетично більш вигідним, ніж традиційний спосіб за допомогою руху носіїв електричного заряду, оскільки солітони є надстабільними утвореннями і переміщуються у межах середовища, практично не зустрічаючи опору на відміну від електронів, які при русі в якості носіїв інформації втрачають частину енергії на нагрів;

- напрацювання солітонної теорії в даний час знаходять застосування при дослідженнях ліній передачі сигналів із нелінійними елементами (діоди, котушки опору), космології (дослідження прикордонного шару, атмосфер планет), гідродинаміки (хвилі цунамі), фізики (хвильові процеси у плазмі, у теорії поля, фізики твердого тіла, теплофізики екстремальних станів речовин, при вивченні нових матеріалів (наприклад, джозефсоновських контактів, що складаються із розділених діелектриком двох шарів надпровідного металу), при створенні моделей решіток кристалів, тощо), в оптиці, біології, фізіології (нервові імпульси – це солітони);

- солітоновий механізм є універсальним способом передачі енергії та інформації на молекулярному рівні у живих біологічних системах різного рівня складності, включаючи людський організм, оскільки всі і будь-які біополімери живого організму, які мають специфічну будову та містять у своїх ланцюгах ангармонічні атомні групи, перетворюють хімічну і будь-яку іншу енергію, що збуджує їх коливання, в енергію когерентну/енергетичний квант/солітон, який далі вільно транспортується по ланцюгах біополімера та забезпечує його хімічні взаємодії і механічні рухи;

- принципово важливою особливістю живих біологічних систем у реалізації ними солітоновського механізму передачі енергії та інформації на молекулярному рівні для забезпечення феномена життя є великий вміст у них води, оскільки ангармонічні групи не тільки від самого початку містяться в структурі біополімера (як групи Амід I), а й утворюються при гідратації полімерів (наприклад, зв'язок N-H OH₂).

- *Солітоновий механізм передачі енергії по ланцюгу біополімерів є основою феномена життя в живих біологічних системах: всі і будь-які біополімери живого організму, що мають специфічну будову і містять в своїх ланцюгах ангармонічні атомні групи, перетворюють хімічну і будь-яку іншу енергію, що збуджує їх коливання, в енергію когерентну, енергетичний квант - солітон, який далі вільно транспортується по ланцюгах біополімера і забезпечує його хімічні взаємодії і механічні рухи [29-32].*
- Солітоновий механізм передачі енергії та інформації по ланцюгах біополімерів пояснює універсальність молекули-енергоносія АТФ та універсальність взаємозв'язку між абсолютно різними біополімерами в живих біологічних системах, а також феномен життя в них, як результат постійного впливу когерентної енергії в структурованому водному середовищі біологічного організму [29-32].

Квантово-механічні особливості і роль води в механізмі передачі енергії між біологічними молекулами.

Вода – це основний компонент живих біологічних систем, оскільки [1, 55, 125]:

- 80-90% маси рослини, близько 70% маси організму тварин і людини становить вода;
- тіло місячного ембріона складається на 97% із води, новонародженого немовляти - на 75-80%, людей похилого віку - до 57%;
- мозок людини складається із води на 95%, кров - на 82%, легені - на 90%;

- зменшення вмісту в організмі людини води до 50% не сумісно із життям і призводить до смерті.

- Вода відіграє принципово важливу роль в організації та функціонуванні живих біологічних систем різного рівня складності, будучи універсальним розчинником, реагентом для багатьох біохімічних реакцій (гідроліз, окислювально-відновні реакції, тощо), структурною електромагнітною основою живої системи, що забезпечує можливості генерації і передачі енергії між біологічними молекулами, реалізуючи тим самим феномен життя і беручи участь у формуванні так званих біологічних аномалій води у живих організмів (особливості електропровідності, замерзання, тощо). Однак механізми реалізації цієї важливої ролі води як невід'ємного компонента магнітоелектрохімічної основи феномена життя на молекулярному рівні в живих біологічних системах довго залишалися до кінця не відкритими і зараз продовжують вивчатися.



Детальніше:

У ході наукового еволюціонування ідей стосовно ролі води у живих організмах у фундаментальному природознавстві однозначно було доведено, що вода є ключовим компонентом життєдіяльності біологічних систем і без неї їх життя припиняється.

Накопичення знань відносно властивостей води та їх наукова інтерпретація відбувалися відповідно до розвитку науки у кожній із епох людства. ХХІ століття, як період глобалізації, значного прориву у магнітології та у фундаментальних науках, створив теоретичну базу та надав інструментальні можливості для логічного системного узагальнення наявної наукової інформації, створення на цій основі єдиної теорії обміну речовин із урахуванням раніше відкритих хімічних і фізичних властивостей води. Рівень розвитку наукових знань минулих епох і відсутність наукового розуміння сутності електромагнітних процесів, які відбуваються на мікрорівні речовини довгий час зумовлювали розгляд води виключно лише як розчинника і не враховували квантово-механічних особливостей її будови та її електромагнітних властивостей. Сучасний рівень наукових знань фундаментальної квантової фізики і квантової хімії робить такий підхід абсолютно абсурдним, неприйнятним. Науковий погляд на роль води докорінно змінився.

- З позицій системного аналізу накопичених фундаментальних знань вода цитоплазми живої клітини, реалізуючи можливості молекул H_2O до самоорганізації у фрактальні енергонапружені парамагнітні кристали, утворює з'єднані із біополімерами водневими зв'язками багаторівневі розгалужені довго існуючі фрактальні кристалічні структури, які підтримуються у такому енергонапруженому стані потоками енергії, які постійно циркулюють у живих системах, що і є однією із принципів відмінностей живих біологічних систем від неживих на молекулярному рівні.



Детальніше:

Основою для формулювання цього наукового висновку стали два принципові відкриття ХХ століття, а саме встановлення факту можливості переходу солітону у воду без втрат енергії (теоретичне вирішення задачі для ангормонічного полімеру в електретному середовищі, Е. Дель Гжудічі, 1985 рік, Італія) і відкриття механізмів фрактальної кристалізації води та власне факту, як саме у фізиці конденсованих середовищ відбувається поляризація води (Н.А. Бульєнков, 80-ті роки ХХ століття, СРСР). Ці відкриття при поєднанні із накопиченими фундаментальними знаннями фізики й хімії води дали можливість принципово іншого трактування механізмів енергообміну на рівні молекул і змогли розкрити раніше невідомий механізм ключової ролі води у забезпеченні реалізації феномена життя біологічних систем на сучасному етапі [13-21, 31, 47, 72-73, 130, 131, 138].

- Вода - це речовина із унікальними квантово-механічними характеристиками, обумовленими електромагнітними властивостями її атомарної будови.



Детальніше:

Молекула води (H_2O) утворена двома атомами водню ($H_1; 1s^1$) і одним атомом кисню ($O_{16}; 1s^2 2s^2 2p^4$). Відповідно три ядра у молекулі води утворюють трикутник із двома протонами водню в основі і киснем на вершині. Відстань О-Н - 0,9568 Å; Н-Н - 1,54 Å.

Модель молекули води, запропонована Нільсом Бором, показана на рис. 3.30 [1, 5, 122, 124, 125].

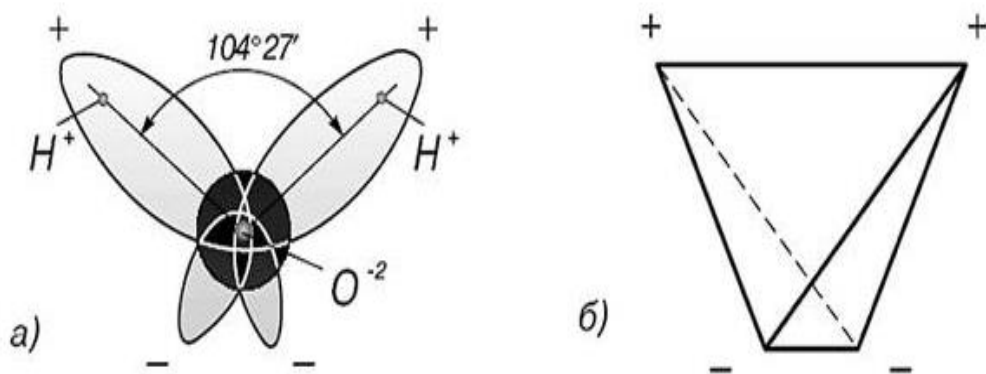


Рис. 3.30. Будова молекули води: а) по Нільса-Бору, б) розташування зарядів [124].

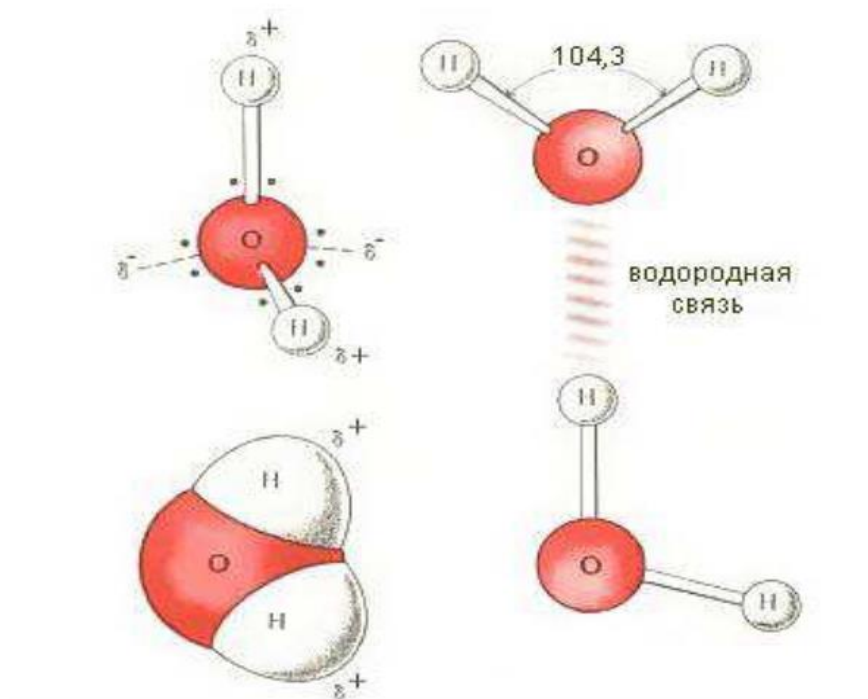


Рис. 3.31. Будова молекули води: просторова структура води із розподілом електронної щільності у атомів О і Н (зліва); утворення водневого зв'язку між двома молекулами води (праворуч) [52].

- Принципове значення для прояву властивостей молекул води в процесах життєзабезпечення живих молекулярних систем мають водневі зв'язки між її молекулами, оскільки їх утворення обумовлює як можливі агрегатні стани вільної природної води (пар, рідина, лід), так і процеси структуризації води в живих біологічних системах.

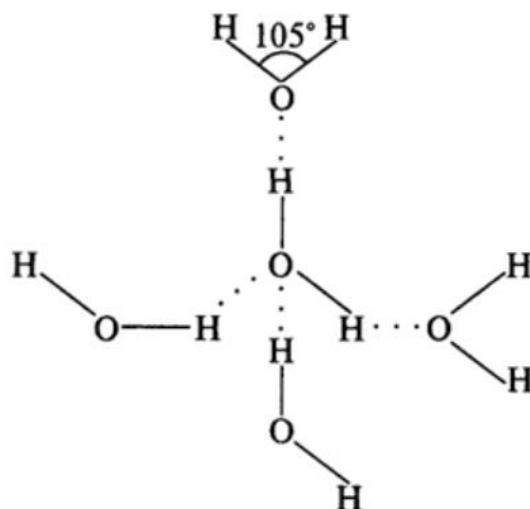


Рис. 3.32. Схема утворення водневого зв'язку між чотирма молекулами води [52].



Детальніше:

Молекула H_2O має чотири центри утворення водневого зв'язку - два некомпенсованих позитивних заряди у атомів водню і два негативних заряди у атомі кисню (рис. 3.31-32). Їх взаємне розташування формується у напрямку із центру правильного тетраедра (ядро атома кисню) на його вершини, що дозволяє молекулі води утворювати в конденсованому стані до 4-х класичних водневих зв'язків, два з яких є донорними, а два - акцепторними зв'язками (з урахуванням біфуркатних зв'язків - 5) [5, 52, 120].

- Водневий зв'язок згідно із правилами Бернала-Фаулера характеризується наступними параметрами [1, 5, 42, 52, 86, 127, 183, 185]:
 - атом кисню кожної молекули H_2O пов'язаний із чотирма сусідніми атомами водню (з двома атомами водню - ковалентним зв'язком, із двома сусідніми - за допомогою водневих зв'язків; наприклад, як це має місце в кристалічній структурі льоду);
 - на лінії кисень-кисень може розташовуватися лише один протон H^+ ;
 - протон, який бере участь в утворенні водневого зв'язку і знаходиться між атомами кисню має два рівноважних положення і може знаходитися як поблизу свого атому кисню - на відстані приблизно 1 А, так і поблизу сусіднього

атома кисню - на відстані 1,7 Å; тобто поряд зі звичайним димером HO-H...OH₂ стабільною являється також і іонна пара HO...H-OH₂; стан «протон біля сусіднього кисню» характерний для кордону розділу фаз, тобто поблизу поверхні вода-тверде тіло або вода-газ; просторовий зв'язок трійки O-H ... O, де рисою позначена ковалентний зв'язок, а точками - водневий, не може бути довільний, а має чітку просторову спрямованість;

- порівняно *низька міцність водневого зв'язку* є відмінною властивістю води: водневий зв'язок у 5-10 разів слабший, ніж хімічний ковалентний зв'язок;

- за силою енергії водневий зв'язок займає проміжне положення між хімічними зв'язками і міжмолекулярними ван-дер-ваальсовими взаємодіями, які утримують молекули у твердій або рідкій фазі; енергія водневого зв'язку становить 5-10 ккал/моль, у той час як енергія ковалентного зв'язку OH зв'язку в воді - 109 ккал/моль;

- величини середньої енергії ($\Delta E_{H...O}$) водневих H...O-зв'язків між молекулами H₂O складають $0,1067 \pm 0,0011$ eV;

- при зміні температури води середня енергія водневих H...O-зв'язків у асоціатах молекул H₂O змінюється і тому водневі зв'язки в рідкому стані води відносно слабкі і нестійкі - можуть легко виникати і зникати в результаті теплових флуктуацій;

- водневий зв'язок має *властивість кооперативності*: утворення одного водневого зв'язку сприяє утворенню наступного водневого зв'язку, який, у свою чергу, сприяє утворенню наступного водневого зв'язку, тощо;

- за рахунок кооперативних взаємодій молекули води у рідкому стані в нормальних умовах (1 атм, 22⁰C) рухливі і здатні здійснювати коливальні рухи, обертання навколо своєї осі, а також хаотичні і спрямовані переміщення, за рахунок чого окремі молекули можуть «перескакувати» з одного місця в інше в об'ємі води;

- внаслідок рухливості молекул води у водних розчинах можливий аутопротоліз, тобто відрив протона H⁺ від однієї молекули води із подальшим переміщенням та приєднанням

H^+ до сусідньої молекулі H_2O із утворенням іонів гідроксонію різного складу (H_3O^+ , $H_5O_2^+$, $H_7O_3^+$, H_9O_4 та ін.); - таким чином рідка вода - це асоційована сукупність молекул H_2O , з'єднаних водневими зв'язками і слабкими міжмолекулярними ван-дер-ваальсовими силами.

- Наявність водневих зв'язків між молекулами води обумовлює формування у води «фізико-хімічних аномалій» у вигляді унікальних температур кипіння, замерзання, теплоємності, тощо.



Детальніше:

Якщо розглядати воду як звичайне мономолекулярне з'єднання - гідрид кисню (H_2O) відповідно властивостям аналогів по шостій групі Періодичної системи елементів Д.І. Менделєєва (гідрид сірки - H_2S , гідрид селену - H_2Se , гідрид телуру - H_2Te), то вода повинна знаходитися у рідкому стані в діапазоні температур від $-90^{\circ}C$ до $-70^{\circ}C$, проста сукупність молекул H_2O повинна була б мати питому вагу $1,84 \text{ г/см}^3$, температура кипіння повинна була складати $63,5^{\circ}C$, що не відповідає реальності, оскільки при нормальній температурі і тиску питома вага води дорівнює 1 г/см^3 , а температура кипіння води $100^{\circ}C$) [1, 7, 53].

- Водневі зв'язки пояснюють фізико-хімічну та біологічну аномальну поведінку води при охолодженні, кипінні, аномально високу теплоємність, поверхневий натяг і в'язкість, що й обумовлює унікальну роль води у життєзабезпеченні біологічних систем різного рівня складності на всіх рівнях перебігу процесів життєдіяльності.



Детальніше:

Наприклад: 1) *опис аномальної поведінки води при охолодженні в природних умовах*: - спочатку до рівня температури $3,98^{\circ}C$ вода подібно до інших рідин поступово ущільнюється, зменшує свій об'єм і при температурі $3,98^{\circ}C$ має найбільшу щільність і найменший об'єм (рис. 3.33-34), що й обумовлює той факт, що лід залишається на поверхні рідкої води; - подальше охолодження води до $0^{\circ}C$ і перетворення її у лід поступово призводить до збільшення її об'єму майже на 10% (не до зменшення), що обумовлено формуванням і одночасним існуванням у ній двох рівноважних фаз - рідкої і квазікристалічної за аналогією із квазікристалами, кристалічна решітка яких має не тільки періодичну будову, але й володіє осями симетрії різних порядків (теорія Я.І. Френкеля); - розподіл молекул у навколо будь-якої фіксованої молекули води має певну впорядкованість, дещо нагадує кристалічну

структуру, хоча і більш рихлу, і з цієї причини структура рідини являється квазікристалічною або кристалоподібною, тобто такою, що володіє симетрією і наявністю впорядкованості у взаємному розташуванні атомів або молекул [1, 7, 53];

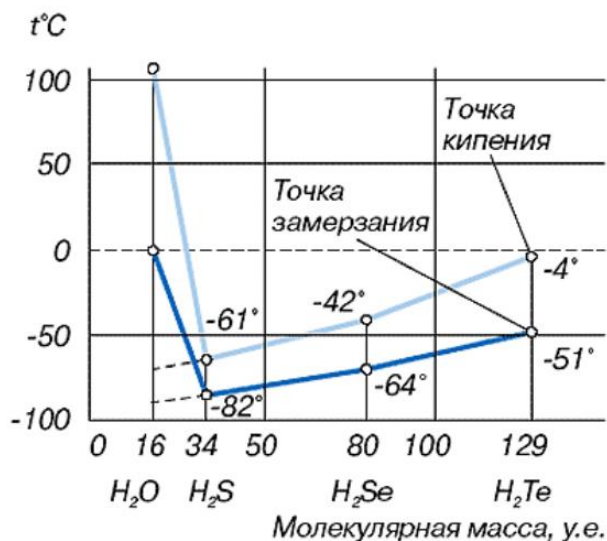


Рис. 3.33. Аномалії температур кипіння і замерзання води в порівнянні із іншими сполуками водню [53].

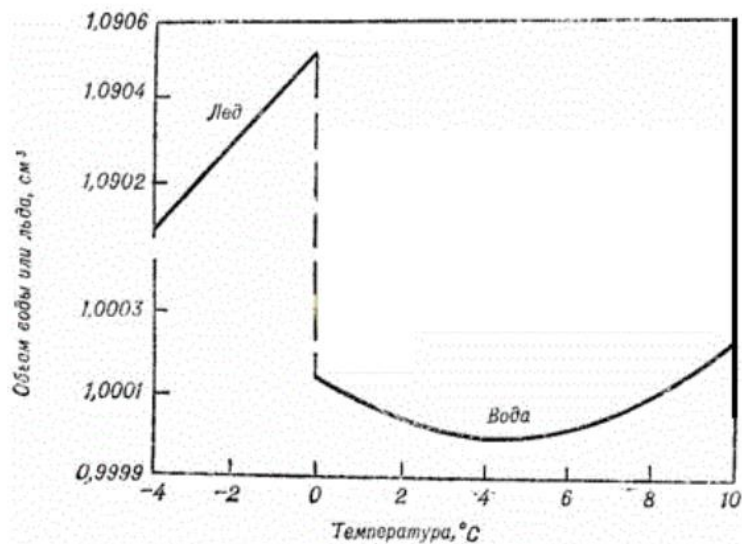


Рис. 3.34. Залежність питомого об'єму льоду і води від температури [53].

2) опис аномально високої теплоємності води у природних умовах: - при підвищенні температури зміна теплоємності води знижується і в діапазоні

фізіологічних температур (37°C) є мінімальною; - при цьому в діапазоні фізіологічних температур ($37-41^{\circ}\text{C}$) вода знаходиться у стані рівності між квазікристалічною і рідкою масою, і характеризується максимальною варіабельністю (здатність переходити одна в іншу) структури; - при цьому встановлена симетрія проходження теплоємності води через мінімум, оскільки при температурі -20°C теплоємність води знову приймає мінімальне значення [1];

3) *опис поверхневого натягу води:* - водневі зв'язки також підвищують поверхневий натяг, в'язкість водних розчинів, так як некомпенсовані міжмолекулярні сили зовнішнього шару води, обумовлені квантово-механічною взаємодією, прагнуть скоротити поверхню [1].

- Унікальна роль води в процесах життєдіяльності живих систем має квантово-механічне обґрунтування, яке обумовлює появу у молекул води наступних властивостей [7, 50, 60, 64-68, 150, 151]:
 - аномальних фізико-хімічних і біологічних властивостей;
 - здатності молекул з'єднуватися за допомогою водневих зв'язків із молекулами інших речовин та біополімерів із їх подальшою гідратацією й утворенням коацерватів;
 - здатності молекул до самоорганізації та утворення водних асоціатів, фракталів і т.п., а також енергонапруженості фрактальних кристалічних структур.
- Основні квантово-механічні особливості будови і властивості води, які обумовлюють можливість реалізації механізмів передачі енергії між біологічними молекулами є наступні [1, 25, 54, 58, 64-68, 80-82, 152-156]:
 - *просторова асиметрія молекули води* обумовлена первинними електромагнітними параметрами комбінації двох атомів водню й одного атома кисню, які визначають структуру молекули води із значним зміщенням між негативно зарядженою кисневою частиною і позитивною водневою частиною молекули та тим самим зумовлюють інші наявні властивості молекули води, що виходять із цього;
 - *високий електричний дипольний момент і магнітний момент:* майже куляста молекула води має помітно

виражену полярність, так як електричні заряди у ній розташовані асиметрично і кожна молекула є мініатюрним диполем із високим дипольним моментом;

- *має найвищу діелектричну постійну серед всіх речовин:*

в наслідок високого дипольного моменту проявляються високі властивості гідратації всіх іонів із утворенням гідратної оболонки; розчинні речовини, потрапляючи в воду, поділяються на все більш дрібні частинки, аж до молекул і іонів, утворюються гідратовані частинки розчинених речовин, які і приймають участь у різних хімічних реакціях;

- *амфотерні властивості:* завдяки здатності води до іонізації вона може виступати як у ролі кислоти, так і в ролі основи, а також може бути в когерентному і некогерентному станах (L-, R-спінові поляризації); некогерентна вода досить просто утримує електрони і може розглядатися як слабкий окислювач, і молекули води можуть перетворитися в іон H_2O^- ; у разі когерентного стану вода легко віддає електрони й утворюється іон H_2O^+ ;

- *дисиметрія структури:* киснева частина молекули володіє негативним зарядом, а воднева - позитивним. Обидва ці заряди зміщені відносно один одного таким чином, що молекула води являє собою електричний диполь і разом із тим вона має магнітний момент; саме завдяки просторової асиметрії проявляється більшість інших властивостей води; будь-який живий організм складається за масою на 70% із води, а решта - органічні і неорганічні речовини, таким чином дисиметрія води також бере участь у формуванні дисиметрії і хиральності живих біологічних структур, як однієї із властивостей живої матерії (закон Пастера-Кюрі-Вернадського); воду можна розділити різними способами на дві складові, які не є ідентичними й самостійними системами, що не корелюють за своїми фізико-хімічними властивостями між собою;

- *являється складною системою, що здатна до самоорганізації:* полярність молекул води, наявність у них

частково некомпенсованих електричних зарядів створює групування молекул - структури міжмолекулярних асоціатів води (кластерів) із загальною формулою $(\text{H}_2\text{O})_n$, кластерні іони $[(\text{H}_2\text{O})_n]^+$ і $[(\text{H}_2\text{O})_n]^-$, рідкокристалічні структури, фрактально-кластерні дисиметричні системи, тощо; повністю відповідає формулі H_2O лише вода, яка перебуває у пароподібному стані, оскільки в температурному інтервалі від 0 до 100 ° С концентрація окремих мономерних молекул рідкої води становить <1%, а всі інші молекули об'єднані в асоціати різного ступеня складності, і їх склад описується загальною формулою H_2O_x ; причиною утворення асоціатів є водневі зв'язки, що виникають між ядрами водню одних молекул та електронними «згущеннями» у ядер кисню інших молекул води;

- *здатність до емісії фотонів/люмінесценції*: властивість проявляється в різному ступені в залежності від енергетичного стану атомів молекул води, складу води, відображає динаміку процесів, яка сформувалася в водній системі під впливом певних енергетизованих факторів впливу зовнішнього середовища; найвиразніше емісія фотонів як параметр відображення польових характеристик води проявляється для природної води, на відміну від обробленої водопровідної води, яка практично не має власного світіння, що підтверджено експериментально за допомогою фотографічної реєстрації такого випромінювання і його посилення при збудженні високочастотного електричного розряду над краплею;

- *властивості електропровідності, надпровідності, осциляції, передачі енергії і заряду і т.п.*: функціонування живої біологічної системи відбувається синхронно і при цьому виявляються характеристичні частоти у надвисоко частотному (НВЧ) діапазоні електромагнітних хвиль, що визначають часові параметри життєвих процесів. Такі ж частоти виявляються при дослідженні звичайної води у спектрах НВЧ-резонансної взаємодії низько інтенсивного електромагнітного випромінювання із водним середовищем.

- Вода проявляє магнітні властивості, дисиметрію і феномен спін-ізомерії, і відповідно може бути в орто- і парастанах (рис. 3.35), що володіють різними фізичними властивостями у взаємодії з біополімерами живих систем і впливають на магнітні властивості біополімерів.



Рис. 3.35. Схематичне зображення орто-ізомеру (а) і пара-ізомеру (б) води. Стрілки вказують напрямок спіну протона [32].



Детальніше:

Встановлено, що [6, 24, 25, 54, 61, 139, 159, 160, 173]:

спін-ізомерія води – це фізичний феномен, обумовлений наявністю магнітного моменту і різним напрямком спіну $\frac{1}{2}$ протонів у молекулі води;

- молекула води має у складі два протона, кожен із яких має спін $\frac{1}{2}$ у двох можливих спін-ізомерних станах - із односпрямованою орієнтацією обертання (орто-ізомер) та із протилежно спрямованою орієнтацією (пара-ізомер). Відповідно до цього має місце дисиметрія, тобто у природної води існують два типи структур - два ізомери: -орто-вода із сумарним спіном молекули, що дорівнює одиниці, і пара-вода, з сумарним спіном молекули, рівним нулю. Цей стан відповідає виконанню заборони Паулі на існування в молекулі двох протонів в однаковому спіновому стані, і для водню H_2 теоретично доведено, що за умови нулю градусів Кельвіна у рівноважному стані всі ізомери водню - це пара-ізомери (пара- H_2) та, що врахування взаємодії магнітних моментів, наявних у протонів в молекулі водню, вносить у рівняння Шредінгера невелику нелінійність, завдяки якій виникає кінцева ймовірність пара-орто-конверсії ($\sim 10^{-10}$). Тобто водень набуває можливість переходити у орто-стан (орто- H_2), що збільшується при підвищенні температури [115]. При цьому через доказовість близькості квантовомеханічних властивостей водню і води загальні уявлення про спін-ізомерії водню були поширені і на воду. Відповідно прийнято вважати, що при температурі $t > 0$ К рівноважне співвідношення між пара- і орто-ізомерами води

поступово зміщується у бік збільшення концентрації ортоізомерів і при $T \approx 300$ К воно може становити 1:3.

- енергетична відмінність між спін-ізомерами води підтверджена експериментально методом оптичної спектроскопії: орто і пара-ізомери води відрізняються один від одного системами енергетичних рівнів; орто-ізомери води мають перший електронний рівень - обертальний, і всі ротаційні квантові числа приймають тільки непарні значення, а у пара-ізомерів всі ротаційні квантові числа - парні, і перший з обертальних рівнів лежить вище основного, коливального [59];

- для пара-води, в якій хвильові функції електронів перекриваються, і, таким чином, електрони не дають вкладу в її магнітність, всі спостережувані магнітні ефекти будуть визначатися тільки її протонами [8];

- наслідком відмінностей електронних рівнів орто і пара-ізомерів води є їх різна рухливість, а саме орто-ізомери води здійснюють безперервні обертальні рухи, а пара-ізомери менш рухливі і характеризуються більшою здатністю до адсорбції і утворення комплексів;

- по суті, не дивлячись на однакову молекулярну формулу, орто і пара-ізомери мають різні фізико-хімічні властивості, різну просторову організацію, по-різному впливають на властивості живого організму;

- ізометрія природної води є найціннішою властивістю для дисиметричних структур живих біологічних систем, завдяки чому молекулярні структури організмів можуть вибірково приєднувати до себе або створювати для себе водне середовище тієї чи іншої просторової орієнтації;

- вважається, що внаслідок хиральності молекул живого, дисиметрія приєднаних водневих структур є необхідною умовою для перебігу певних клітинних процесів;

- отримані експериментальні підтвердження того, що відмінності властивостей орто і пара-води проявляються і в її конденсованому стані (наприклад, при розчиненні ДНК у воді на поверхні біополімера сорбується пара-вода, а орто-вода залишається в рідкій фазі [23]);

- експериментально було встановлено, що при сорбції води на цеолітах, які є каталізаторами ортопара-конверсії, конверсія може посилюватися, в результаті чого цеоліти, які не володіють власним магнетизмом, у присутності води починають проявляти парамагнітні властивості (наприклад, парамагнітність цеолітів у вологому середовищі наростала із часом, і через 48 годин величина магнітної проникності вологого цеоліту збільшувалася у 20 разів [101-102]); при екстраполяції цих даних на живі системи, можна зробити висновок, що пара-вода, що сорбується на поверхні біополімерів, здатна приводити до зміни їх магнітних властивостей;

- магнітні ефекти водних структур ще не вивчені теоретично, але численні експериментальні свідчення про залежності життя на Землі від її магнітного поля і його флуктуацій підтверджують існування таких ефектів;

- в експериментальних умовах дисиметрія молекул води може бути підтверджена при мембранному електролізі (поділ води на кислотну і лужну),

при когеренізації води за допомогою чіпів (лівообертаючих і правообертаючих), візуально при дослідженні за допомогою поляризаційного мікроскопа закристалізованого осаду водних зразків цих фракцій; при когеренізації поділ природної води на фракції пов'язано із наявністю у когерентному стані особливого типу молекулярних формувань, що утворюють, очевидно, ліво- і право- орієнтовані спіралі із гексагональних площин, які можуть становити структурні елементи когерентних доменів у збудженому стані, будуть енантіоморфними/хіральними (що не мають центру і площин симетрії) та оптично активними об'єктами. Тому прийнято вважати, що поодинокі молекули води не можуть відповідати за дисиметрію. За дисиметрію можуть відповідати тільки досить довго існуючі водні структури, що формуються при наявності відносно стабільного поля, стимулюючого активацію вихрових/спінових збуджень когерентних доменів.

- У живих біологічних системах вода категорично завжди містить велику кількість інших речовин, взаємодіє із ними, знаходиться під їх впливом і впливає на них, що власне змінює і визначає унікальність процесів самоорганізації та особливих властивостей води в живих біологічних системах.



Детальніше:

Відомо, що [52; 125, 133, 134, 152-157, 180, 182]:

Навіть рідка ідеальна вода – це складна за складом асоційована рідина, що складається із асоціативних груп, які містять від 3 до 21 і більше (в деяких моделях кілька сотень) окремих молекул H_2O [106]. При кімнатній температурі ступінь асоціації води може варіювати від 3 до 6 і більше молекул H_2O .

У 1993 році К. Джордан (США) були розраховані структурні модифікації стійких кластерів води, що складаються із 6 молекул [56]. Ці кластери можуть об'єднуватися один із одним, а також із вільними молекулами води за рахунок експонованих на їх поверхні водневих зв'язків, утворюючи просторові міжмолекулярні асоціати, склад яких виражається загальною формулою $(\text{H}_2\text{O})_n$, де $n=3-21$.

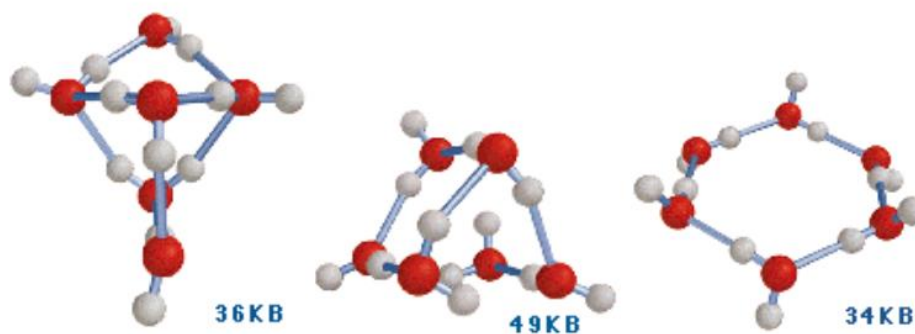


Рис. 3.36. Кластери води за формулою $(\text{H}_2\text{O})_n$, де $n=6$ [52].

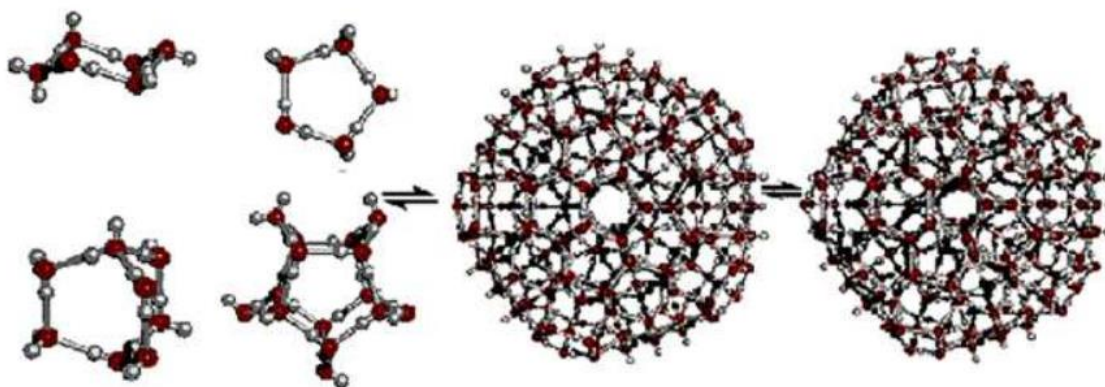


Рис. 3.37. Схема утворення складних кластерів води [52].

- Рідка вода - це динамічна, асоційована неоднорідна 2-х фазова рідина із ближнім порядком, тобто із впорядкованістю у взаємному розташуванні атомів і молекул, що (на відміну від дальнього порядку) повторюється на відстанях, порівнянних із відстанями між атомами.



Детальніше:

На відміну від кристала льоду, в рідкій воді водневі зв'язки легко руйнуються і швидко утворюються знову, що робить структуру води непостійною, мінливою у часі, із неоднорідностями в структурі, що характеризує воду як асоційовану неоднорідну 2-х фазову рідину з ближнім порядком.

Рідина води, як і тверде тіло є динамічною системою: атоми, іони або молекули, зберігаючи ближній порядок у взаємному розташуванні, беруть участь у тепловому русі, характер якого набагато складніший, ніж у кристалах. Безладний рух молекул рідкої води призводить до безперервної зміни відстаней між ними. Статистичний характер впорядкованого розташування молекул рідини води призводить до флуктуацій - безперервних відхилень, що відбуваються, не лише від середньої щільності, але і від середньої орієнтації, так як молекули води здатні утворювати групи, у яких переважає певна орієнтація. Чим менше величина цих відхилень, тим частіше вони зустрічаються [125].

- У живих біологічних системах вода у рідкій фазі перебуває у зв'язаному вигляді із органічними молекулами, неорганічними речовинами, а також і у вигляді *самоорганізованих фрактальних структур/кристалів*.

- Самоорганізація молекул води в рідкій фазі під фрактальні структури описується положеннями нелінійної модульної кристалографії.



Детальніше:

Прогрес наукової думки у кристалографії довів необхідність інших підходів у вивченні кристалічних решіток органічних молекул.

Кристалограф Дж. Д. Бернал (англ. *John Desmond Bernal*; 1901-1971, Англія) в ході виконання рентгеноструктурного аналізу кристалів білків встановив, що для опису процесу кристалізації таких молекул необхідний новий, більш загальний підхід – так звана «узагальнена кристалографія», яка буде включати класичну кристалографію як окремий випадок [6, 7].

Кристалограф А.Л. Маккеєм (Англія) розвинув цю ідею, систематизувавши характерні риси узагальненої кристалографії, назвав її «ною наукою про структуру речовини на атомному рівні» і сформулював постановку задачі, перерахувавши проблеми знаходження таких структур, які потребують математичного вирішення. Але оскільки в основі самоорганізації органічних молекул лежать нелінійні процеси, то довгий час було відсутнє аналітичне вирішення поставлених завдань узагальненої кристалографії [76, 161].

У 1990 році Н.А. Бульєнков (СРСР-Росія) розробив математичний апарат для вирішення завдань узагальненої кристалографії і ввів у кристалографію новий критерій – так званий «кристалічний модуль», за допомогою якого в системі досягається «повна зв'язаність» всіх складових її атомів [13-21, 72, 73, 130, 131]. Н.А. Бульєнков сформулював принципи модульного дизайну і відповідні алгоритми для розрахунку кристалічних структур, у тому числі і стосовно кристалізації води. Зазначене дозволило вирішити проблему досягнення повної зв'язаності при самоорганізації аперіодичних структур. Н.А. Бульєнков показав, що аперіодичні структури неможливо достовірно вивчати теоретичними і експериментальними методами, прийнятими у класичній кристалографії. Він розробив вирішення проблеми, що полягало у відмові від уявлення про кристалічну решітку і запропонував розглядати такі нелінійні кооперативні перетворення у вигляді зростаючих кристалічних модулів без порушення зв'язаності їх структури і зміни їх власної евклідової природи, що забезпечує суцільне заповнення ними тривимірного евклідового простору.

Кристаличний модуль - це осередок, у якому всі атоми знаходяться в вузлах граней і ребер, та немає атомів всередині неї. При цьому кристалічні структури будуються у будь-якому неевклідовому просторі (наприклад, у сферичному або гіперболічному) із накладеною на них умовою «повної зв'язаності», тобто повного заповнення атомами евклідового простору. Відмова від основоположного для класичної кристалізації принципу «мінімуму вільної енергії» - це головна відмінність модульної кристалографії,

тому що було показано, що принцип «мінімуму вільної енергії» відноситься лише до окремого випадку суцільних однорідних кристалічних структур із рівноважною решіткою, що повністю заповнюють тривимірний евклідовий простір. У загальному ж випадку (по суті у живих біологічних системах) кристалічні структури, для яких враховані всі хімічні зв'язки, включаючи і слабкі, відповідають критерію повної зв'язаності структури, заповненої кристалічними модулями Н.А. Бульєнкова. Суть нововведення Н.А. Бульєнкова полягала у тому, що в залежності від правильності зростання форми кристалів, в них можуть виникати або не виникати енергонапруженні зв'язки [29-35].

- Кристалізія води у живих біологічних системах відбувається відповідно до *принципу виникнення енергонапруженості зв'язків у кристалах*.



Детальніше:

Пояснення принципу виникнення енергонапруженості зв'язків у кристалах [13-21, 29-31, 72, 73, 130, 131]:

- власне, тривимірний евклідовий простір характеризується тим, що у ньому сума кутів трикутника ($\alpha+\beta+\gamma$) завжди дорівнює 180° незалежно від збільшення розмірів трикутника, а відстані між двома будь-якими точками вимірюються за прямою, що їх сполучає;
- у тривимірних неевклідових просторах - S^3 -сферичному і H^3 -гіперболічному сума кутів трикутника не дорівнює 180° , різниця $\delta=(\alpha+\beta+\gamma)-360^\circ$ змінюється в міру подібного збільшення розмірів трикутників, а відстані між вершинами трикутників вимірюються по кривим, що з'єднують ці вершини (в S^3 - по опуклим кривим, в H^3 - по увігнутим);
- для кристала, що росте у одному із цих просторів (наприклад, у S^3 -просторі), згідно із принципом повної зв'язаності відстані між атомами (довжини зв'язків) будуть збільшуватися у міру віддалення від точки початку росту, а самі зв'язки в евклідовому просторі будуть виглядати криволінійними (вигнутими) і довшими – це означає, що в процесі росту кристалу із молекул має місце виникнення жорстких та гнучких хімічних зв'язків із формуванням пружних деформацій;
- для виникнення і підтримання виникаючих пружних деформацій в процесі росту/існування кристалу відповідно будуть необхідними витрати енергії для забезпечення і підтримки виниклих пружних напружень ($\Delta E > 0$), а наслідком такої кристалізації стане утворення енергонапруженості таких кристалічних структур;

- тобто якщо кристалічний модуль збігається із класичним кристалічним осередком, чергування зв'язку між атомами у зростаючому кристалі відбувається без вигинів, відповідно до законів лінійного упорядкування, то це не вимагає додаткових витрат енергії, а навпаки має місце її вивільнення внаслідок упорядкування структури при зростанні кристала ($\Delta E > 0$) (наприклад, кристалізація льоду із води в природних умовах середовища супроводжується вивільненням енергії), а якщо кристалічний модуль не збігається із класичним і у ньому при кристалізації повинні виникати вигини у зв'язках, то навпаки для цього процесу будуть потрібні додаткові витрати зовнішньої енергії на формування та підтримку таких деформацій - тобто без надходження енергії кристал не зможе утворитись і існувати.

- Здатність молекул води до самоорганізації саме у вигляді енергонапруженості фрактальних кристалів являється ключовою властивістю, що зумовлює енергозабезпечення молекулярного рівня і реалізацію феномена життя у живих біологічних системах, включаючи людину [29-35].
- У природі молекули води в залежності від зовнішніх умов (однорідність масиву рідкої фази, концентрація домішок, температура і тиск), відповідних умові фазового переходу можуть утворювати як енергоненапруженні (лід), так і енергонапруженні кристалічні структури (фрактальні структури *in vivo*), що має принципове значення для функціонування живих біологічних систем [97, 100, 128].



Детальніше:

Кристали льоду - це енергоненапруженні кристали, які утворилися відповідно до принципу «мінімуму вільної енергії», і які при незмінних параметрах зовнішнього середовища мимовільно зруйнуватися не можуть, а потребують для руйнування радикального притоку до них зовнішньої енергії (тепла). Фазовий перехід {рідина (вода) ↔ тверде тіло (лід)} є *прикладом термодинаміки відкритих нерівноважних неживих природних систем*.

Особливості кристалізації льоду [29-35, 163].:

- згідно із класичною кристалографією при нормальному тиску і температурі 0°C континуальна вода утворює лід із гексагональною структурою (лід H1), при великому тиску і відповідно змінених температурах можуть утворюватися льоди із іншими решітками (відкрито 14 модифікацій льоду в залежності від форми кристалічної решітки);

- різні льоди є атракторами самоорганізації, що відповідають різним станам зовнішнього середовища;

- експериментальне вивчення властивостей молекул води до організації відкрило її здатність до утворення при високому тиску (10-40000 атм) і низьких температурах (-23°C) у вуглецевих нанотрубках діаметром 1,35-1,90 нм спіральних структур льоду на зразок подвійної спіралі ДНК (рис. 3.38), що демонструє значні «пластичні» властивості молекули води в можливостях утворення кристалічних структур.

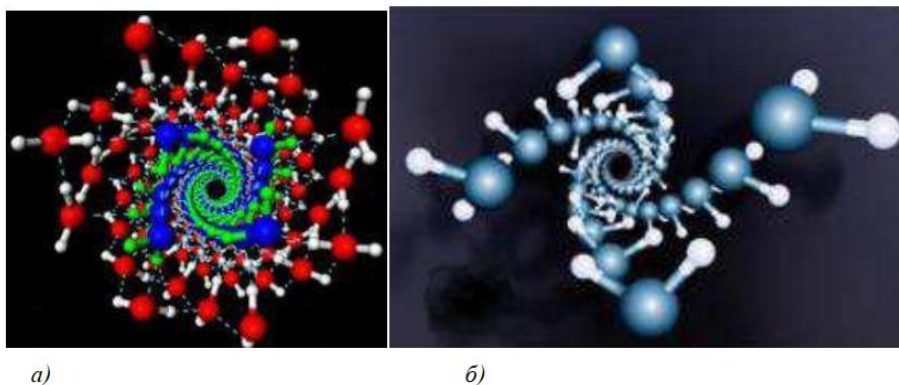


Рис. 3.38. Кристалічні структури води, які нагадують спіраль ДНК у нанотрубках за даними комп'ютерного моделювання [162] (діаметр нанотрубки 1,35-1,90 нм; тиск 10-40000 атм; температура -23°C): а) - загальний вигляд структури кристалічної води у нанотрубках; б) - внутрішня стінка структури води.

- Молекули води здатні у конденсованому стані утворювати просторово-сітчасті каркаси із іншими молекулами води та іншими речовинами, а також формувати короткоживучі квазікристалічні енергонапружені структури, оскільки кожна молекула води має чотири центри утворення водневого зв'язку (дві неподілені електронні пари у атома кисню і два некомпенсовані заряди у атомів водню). Дана здатність є принципово важливою, продовжує вивчатися і саме вона визначає різноманіття можливих станів води в природі.



Детальніше:

У конденсованій фазі у воді постійно відбувається процес самоорганізації її молекул, при якому формуються квазікристалічні енергонапружені структури води.

Особливості утворення енергонапружених водних кристалів *in vitro* [7, 97, 100, 112, 170]:

- оскільки кристалізація, навіть енергонапружена, виявляється більш впорядкованим станом порівняно до рідкої води, то при процесі кристалізації також виділяється теплота фазового переходу, яка певний час підтримує існування енергонапруженої структури всередині рідкої фази;

- час існування енергонапруженої структури всередині рідкої фази є нетривалим - кристалічна структура, проіснувавши декілька наносекунд, руйнується тепловим рухом оточуючих молекул рідкої води;

- таким чином, у об'ємі рідкої фази води постійно виникає і руйнується безліч різних енергонапружених кристалів води, що можна розглядати як існування у воді «мерехтливих кластерів»;

- наявність у воді домішок хімічно активних молекул навіть у малих концентраціях ($\geq 10^{-10}$) зазвичай скорочує час життя таких структур, наближаючи воду до континуального стану, близького до того, що описується в моделі Дж. Бернал і Р. Фаулера як «сітка водневих зв'язків».

- Закони класичної кристалографії категорично не придатні для пояснення принципів самоорганізації молекул води у живих біологічних системах, оскільки вода у цитоплазмі живої клітини не є континуальною рідиною і має високу концентрацію розчинених речовин, які «зв'язують» молекули.
- Вода *in vivo* перебуває принципово у інших умовах, що кардинально змінює багато її властивостей, (наприклад, експериментально спостерігається зниження електропровідності протоплазми (цитоплазми) порівняно до фізіологічного розчину, тощо):

-температура цитоплазми для більшості живих організмів є вищою 0°C;

- вода із полімерами в живих системах утворює коацервати, тобто знаходиться із ними у настільки єдиному стані, що втрачає при цьому свою розчинну здатність.



Детальніше:

Цитоплазма клітини заповнена клітинними органелами і біополімерами, малими органічними молекулами та іонами. При цьому всі вони розташовані дуже близько один до одного і часто розділені лише відстанями, які відповідають декількома моношарам води. Під мікроскопом цитоплазма виглядає як хаотичне скупчення клітинних елементів, які знаходяться у клітині у безперервному русі. Біополімери у цитоплазмі розташовані досить близько один до одного, але при цьому всі вони розділені по принаймні декількома моношарами води, котрі відчувають на собі вплив поверхонь біополімерів. Ці моношари дозволяють молекулам вільно «ковзати» відносно один одного. З вищенаведених даних про структуру цитоплазми випливає висновок, важливий для подальшого розгляду - у цитоплазмі клітини немає (або дуже мало) рідкої води, яку можна було б не вважати «зв'язаною». Вода, активно і по-різному взаємодіє із гідрофобними та гідрофільними поверхнями біополімерів, стабілізує їх нативну структуру, і при цьому структура води у

різних поверхонь біополімерів також принципово змінюється. Гідрофобні взаємодії ведуть до збільшення щільності води у вигляді шарів, паралельних гідрофобним поверхням, але щодо гідрофільних взаємодій єдиної думки не існує [32-35].

- Самоорганізація молекул води у живих біологічних системах відбувається в їх внутрішньому середовищі - як правило, в цитоплазмі. Оскільки комплекс параметрів *in vivo* у внутрішньому середовищі/цитоплазмі повністю відрізняється від комплексу параметрів у масиві чистої (однорідної, континуальної) води, то екстраполяція на живі системи результатів експериментів, що проводяться *in vitro* із досить розведеними водними розчинами біополімерів, а також вивчення конформації біополімерів комп'ютерним моделюванням на підставі даних відносно їх первинних структур, отриманих мас-спектрометричними методами, не можуть бути об'єктивними і правомірними.



Детальніше:

Г. Лінг, вважав факт зв'язування води біополімерами найважливішим параметром у молекулярній біохімії та стверджував, що неврахування ролі водного середовища і витікаюче із цього помилкове трактування функцій клітинних органел та цитоплазми клітини ведуть біологію до неминучого краху. Ідея «зв'язаності» води була визнана багатьма біологами. Е. Бауер у «Теоретичній біології» [4], писав про рідке середовище клітини як про колоїдальні водні розчини і називав «живою речовиною» біомолекули із упорядкованим розподілом молекул води у прикордонному шарі. Д.Н. Насонов [83], А.С. Трошин [113], А. Сент-Дьордьї [103, 179], Г. Лінг [71], Е. Гудічі [138] і В. Воєйков [184] пропонували різні моделі «зв'язування» води поблизу поверхонь біомолекул. Дж. Поллак запропонував ідею цитоплазми у вигляді зв'язаної води, представляючи її як гель, у якому зв'язаність визначається фізичною адсорбцією на поверхні біополімерів, а всі конформації білків відбуваються через зміни фізико-хімічних властивостей цього гелю. Г. Лінг пропонував механізм скріплення води через електричні властивості її диполів і т.п. Однак фізичні механізми процесу «зв'язування» води залишалися не розробленими, що і було перешкодою подальшого просування ідеї в фундаментальне природознавство відповідного історичного періоду [32-35].

- На сьогоднішній день процеси самоорганізації води у цитоплазмі живих біологічних систем є вже описаними із

залученням більш складних алгоритмів, розроблених для нелінійної модульної кристалографії води і враховують найближче до даної молекули водне оточення (пáрні потенціали), колективні процеси для всього водного середовища.

- Встановлено, що вода є тим розчинником, на якому ростуть біокристали у вигляді розчину низькомолекулярних солей і поліетиленгліколю. На її частку в біокристалі доводиться 35-80 об.% [19].
- Роль води/водного розчину у самоорганізації білкових кристалів полягає у наступному [19, 88]:
 - заповнення простору між великими білковими молекулами, оскільки укладка біомолекул у кристалі пухка із утворенням порожнин;
 - вода являється квантово-механічною основою зростання та існування біокристалів (наприклад, кристали білків при висиханні руйнуються);
 - сприяє формуванню вторинної та третинної (глобулярної) структур білка, оскільки ділянки молекули із гідрофільними неполярними залишками прагнуть екрануватися від водного розчину, а ділянки із гідрофільними - проконтактувати, утворити водневі зв'язки та гідратаційну оболонку;
 - структури зв'язаної із біополімерами води впливають на спосіб їх укладання.
- Основним елементом самоорганізації води у фрактальні кристали являється структура, яка отримала у кристалографії води найменування «спіраль 30/11» і яка складає основу структури гідратаційних оболонок біополімерів живих біологічних систем.



Детальніше:

Встановлено, що [19, 77]:

- згідно комп'ютерної моделі (рис. 3.39) спіраль 30/11 являє собою трубку із внутрішнім діаметром близько 3,2 нм по кисневому каркасу, всередині і зовні викладеному протонами;
- повторювана одиниця спіралі складається із двох молекул води, а при приєднанні тридцяти повторюваних одиниць вона приростає на одинадцять повних обертів, що відповідає довжині/періоду уздовж її осі $A_{30}=44,12$ А при довжині водневого зв'язку 2,75 А (рис. 3.39 вгорі);

- оскільки протони володіють магнітними моментами, ця структура є парамагнітною і здатна взаємодіяти із зовнішніми магнітними полями, у тому числі із магнітним полем Землі;
- 12 спіралей можуть перетинатися у кластери із 27 молекул води, за допомогою так званого Т-вузла; при цьому кожна центральна молекула цього кластера належить кожній із спіралей і утворюється решітка із ребрами (рис. 3.39, внизу).

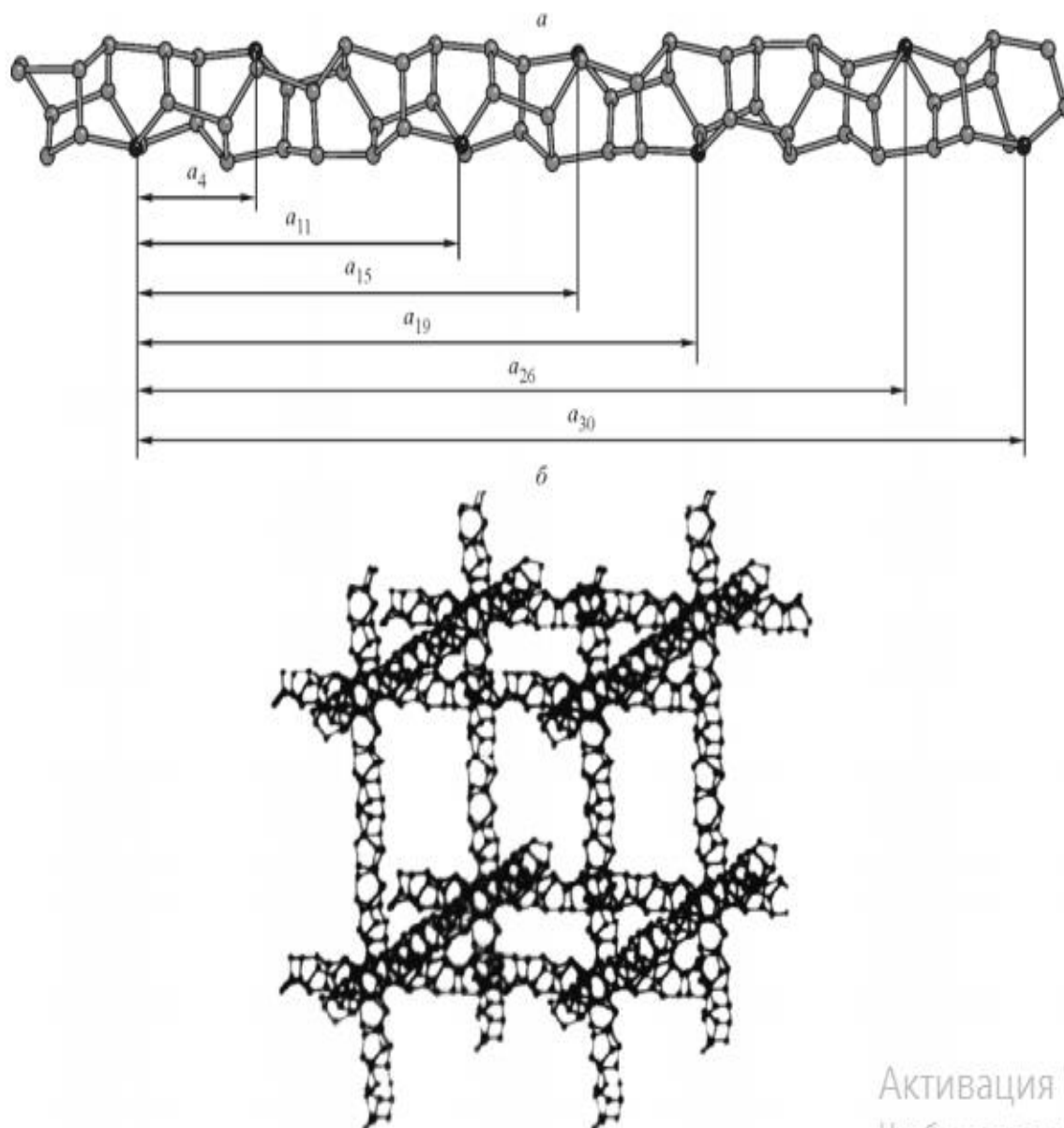


Рис. 3.39. Комп'ютерна модель фрагмента енергонапруженого кристалу води - спіралі 30/11 у поздовжньому вигляді та її псевдоперіоди (вгорі); у вигляді решітки із ребрами зі спіралей 30/11 із кутами між ребрами 90° (внизу) [19].

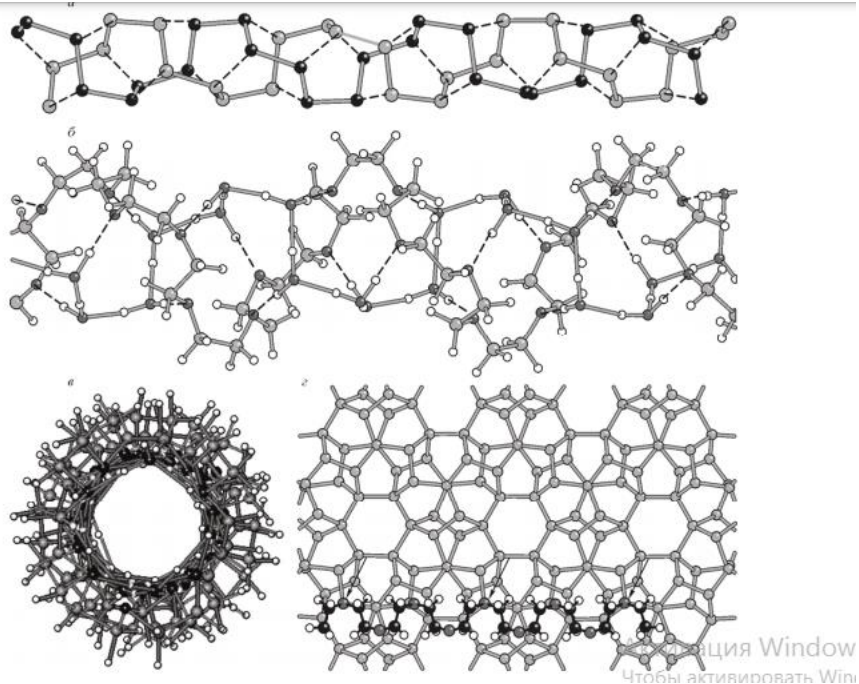


Рис. 3.40. Комп'ютерна модель фрагмента енергонапруженості кристала води - спіралі 30/11: поділ спіралі 30/11 на дві спіралі 15/4 із чорних і сірих атомів, (а); заміна однієї спіралі 15/4 на молекулу поліетиленгліколю (б); вид перпендикулярно загальної осі спіралей (в); вид поздовжньо загальної осі спіралей (г); пунктир - водневий зв'язок, суцільна лінія - ковалентний зв'язок [19].

- Вважається, що кристалізація білків відбувається із формуванням зв'язаної водної решітки із ребрами зі спіралей 30/11.



Детальніше:

Встановлено, що [19, 140, 141, 187, 188]:

- параметри структурованої водної решітки збігаються з параметрами молекулярного осередку кристала білка і виявляються дисконтинуальними та фрактальними; тобто умовно більші осередки можуть бути розбиті на більш дрібні осередки спіралями 30/11, які виходять із основних ребер решітки через менші псевдоперіоди;

- виникнення такої решітки пояснює такі властивості кристалів білків, як низька щільність заповнення осередків біокристалів білками (до 20 об.%), можливість різноманітного розташування у осередках молекул білка в залежності від умов формування кристалу білка, можливу наявність у них широких порожніх каналів, заповнених молекулами води, значний поліморфізм біокристалів через різноманітність таких решіток;

- стабілізація ребер (спіралі 30/11) осередків, зайнятих біомолекулами відбувається за рахунок біополімерів і дрібних іонів-осаджувачів, а у великих площинах - за рахунок більш довгих молекул поліетиленгліколю шляхом

фіксованого вбудовування у структуру спіралі 30/11 в якості однієї або двох складових спіралі 15/4, що видно на карті електронної щільності при моделюванні (рис. 3.40 б-г);

- розбиття періодів решітки біокристалів на псевдоперіоди підпорядковується принципу пропорції золотого перетину;

- при цьому ребра такої решітки можуть бути елементами структури гідратаційних оболонок і великих-дрібних біомолекул розчину (наприклад, гідратація поліетиленгліколю - рис. 3.40 (б-г)).

- Енергонапружені фрактальні водні структури являються основною формою організації води в живих біологічних системах, включаючи людський організм.



Детальніше:

У 1990 році було відкрито А.Н. Бульєнковим, що водні фрактальні енергонапружені кристали детерміновані і постійно утворюються у рідкій фазі води при температурах, що істотно перевищують температуру фазового переходу класичній кристалізації.

Завдяки роботам А.Н. Бульєнкова було науково доведено, що згідно із принципами узагальненої кристалографії, можливе утворення кристалічних станів води у більш широкому наборі параметрів середовищ, ніж це вважалося раніше у класичній кристалографії. При цьому квантово-механічні властивості води дозволяють їй конструювати складні фрактальні форми, які володіють парамагнітними властивостями, у тому числі приймати (рис. 3.41) і без витрати транспортувати когерентну енергію - солітони [14, 17, 18, 88, 189].

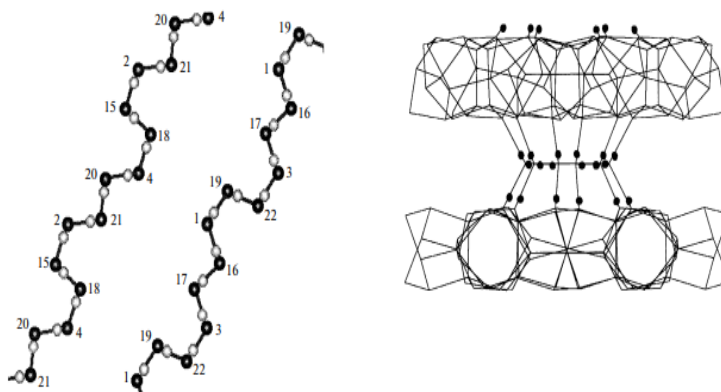


Рис. 3.41. Схема протонної впорядкованості у структурі протонного шару води: ланцюжки давидовських солітонів на обох сторонах поверхневого шару (зліва); виникнення подвійного електричного шару у структурі поверхневого шару води при відповідному впорядкуванні атомів водню [18]: нумерація атомів кисню відповідає рис. 3.10 і являється іншим його площинним відображенням.

**Детальніше:**

Згідно робіт [18] триплети із 20 молекул H_2O (рис. 3.11 б) можна об'єднати між собою за загальними інваріантним (t-h) гексациклом, виділеним на рис. 3.42 а, у зв'язану двовимірну дисконтинуальну кристалічну структуру ($G32 P622$, $a=10,2 \text{ \AA}$ при довжині Н зв'язку, що дорівнює 2.75 \AA) (рис. 3.42 а, б). Але внаслідок неминуче виникаючих напружень при з'єднанні кластерів із неевклідових триплетів координати еквівалентних атомів будуть дещо змінювати свої значення і тому для цього типу кристалів неможливо скористатися симетрійним розмноженням координат точок. На рис. 5 г показаний розріз такого шару завтовшки $\sim 5 \text{ \AA}$, що складається із періодично повторюваних каналів спіралей 30/11, підкручених і тому відповідних формулі 8/3. Спіралі компланарні поверхневого шару води, а їх осі, зазначені на рис. 3.42 б прямими лініями, утворюють гексагональну сітку - кагоме.

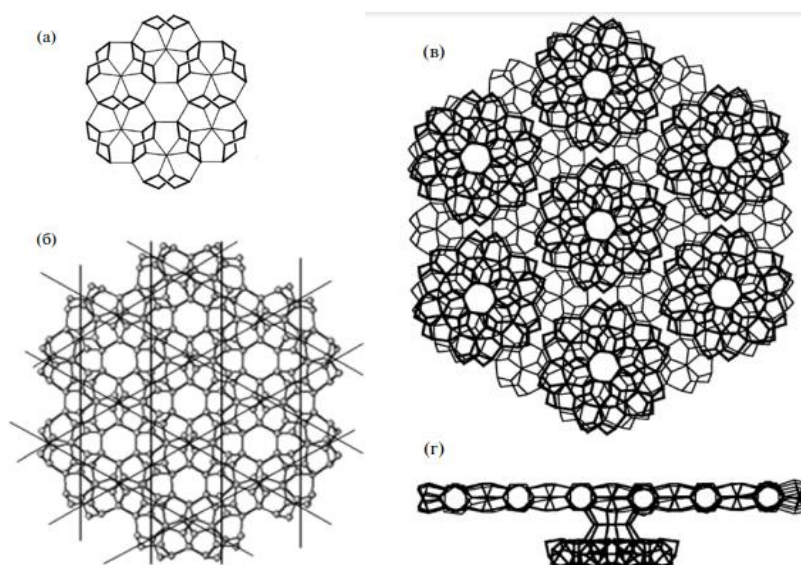


Рис 3.42. Схема комп'ютерного моделювання енергонапруженості фрактальних структур води *in vivo*: гексоганальний кластер із шести кодонів, сполучений суміжними твіст-ваннам із гексаганальним каналом у центрі (а); двовимірний кристалічний апроксимант поверхневого шару води з показаною прямими лініями сіткою-кагоме з осей каналів спіралей 30/11 (б); гексаганальні кластери другого шару (жирні лінії), повернені на $\sim 30^\circ$ щодо першого шару (в); поперечний розріз першого шару (вид вздовж одного з трьох напрямків осей каналів) із приєднаним до нього через плоский гексагон гексаганальним кластером другого шару (г) [18]: триплет, із якого утворений гексоганальний кластер на рис. 3.11 б (див. С.180).

- Особливості утворення водних енергонапружених фрактальних ниткоподібних кристалів, з'єднаних на основі фрактальної спіралі 30/11 [12-22, 169]:
 - водні енергонапружені фрактальні ниткоподібні кристали з періодично повторюваними елементами (спіралями 30/11) можуть утворюватися навіть при відсутності масиву рідкої фази, при дисконтинуальності середовища і в умовах, при яких молекули до зростаючої кристалічної структури надходять нерівномірно в часі (дане якраз відповідає фактичним умовам середовища цитоплазми живих систем);
 - при цьому надходження/підхід молекул (димерів) води до зростаючих кристалічних ниток виявляється утрудненим порівняно із масивом чистої води і «нитки» ростуть у послідовності нерівномірних у часі елементарних актів приєднання нових елементів до кристалічної структури;
 - валентні зв'язки води припускають можливість росту бічних ниток того ж типу 30/11;
 - об'ємні параметричні фрактальні структури води, що утворюються при цьому, надзвичайно різноманітні, оскільки зібрані за різними алгоритмами сплетіння груп;
 - із точки зору фазового стану речовини (впорядкована, довгоживуча) ці модульні структури слід відносити до «твердого тіла», в зв'язку із чим вони отримали назву «фрактальні кристали»;
 - оскільки фрактальна водна структура - це кристал, тобто має твердотільну структуру, то на його існування не впливає температура середовища (до тих пір, доки до нього надходить енергія, він не може «замерзнути» при звичайних температурах замерзання для води або «розплавитися»);
 - структурована фрактальнокристалічна вода відрізняється від звичної нам [органам чуття людей] рідкої води, не має провідності у її звичайному фізико-хімічному розумінні, наповнює більш ніж на 90% фізичні тіла живих біологічних організмів;
 - слабкі водневі зв'язки, що об'єднують структурні одиниці водного енергонапруженого фрактального кристалу, дозволяють йому реагувати на зовнішні впливи, у тому числі на

електромагнітні поля низькочастотного діапазону, не змінюючи істотно будови частин системи;

- фрактальні енергонапружені кристали води, які утворюються у цитоплазмі живих клітин, з'єднуються із біополімерами водневими зв'язками; при цьому для білків найбільш енергетично вигідною є приєднання води до групи N-H пептидного зв'язку білка.

- при рості протяжного фрактального кристалу, що безперервно відбувається при послідовному доступі молекул до зростаючої структури завдяки взаємодії слабких зв'язків, має місце ієрархічна зміна будови вже сформованих рівнів під впливом знову виникаючих;

- енергонапружений кристал, що утворюється у цитоплазмі клітини відчуває постійну «атаку» хімічно активних домішок і може довго існувати та навіть продовжувати рости лише у тому випадку, якщо він з'єднаний із джерелами енергії, якими у живій клітині є біополімери;

- фрактальні енергонапружені кристалічні водні системи, які з'єднані із біополімерами водневими зв'язками, можуть, хоч і видозмінюючи постійно свою будову внаслідок атак хімічних домішок, тим не менш, існувати стільки, скільки існує сама жива клітина;

- структура каркасу водної спіралі 30/11 являє собою порожню трубку із внутрішнім діаметром 3,2 нм, організовану атомами кисню; при цьому протони покривають її внутрішню і зовнішню поверхні (рис. 3.39-40 (а)), що зумовлює наявність виражених парамагнітних властивостей та може пояснювати механізм виникнення внутрішньої напруги у кристалічній решітці водних енергонапружених кристалів живих біологічних систем, вплив на їх поведінку (орієнтацію, напрямок росту, швидкість зближення в розчині, на транспорт у них солітонів, тощо) зовнішнього магнітного поля Землі;

- доказовий опис механізмів впливу магнітного поля Землі на водні фрактальні системи живих біологічних систем і на організми у цілому продовжує розроблятися магнітобіологією і поки потребує проведення подальших експериментальних і теоретичних досліджень;

- біополімери здатні утримати на своїй поверхні значну кількість за числом молекул кристалічних структур води; при цьому структури води, які не замкнуті молекулами, здатні завдяки квантово-механічним особливостям своєї будови здійснювати дальнодіючий енергетичний зв'язок біоактивних молекул із їх резонансними партнерами *in vivo*.

- У живих біологічних системах енергонапруженні фрактальні кристалічні ниткоподібні структури води, що підтримуються енергією, яка надходить від біополімерів, утворюють великі, постійно наростаючі ієрархічні структури, які об'єднують безлічі молекул води, перебуваючи у динамічному балансі між протилежними процесами руйнування (внаслідок впливу хімічно активних речовин цитоплазми) та зростання розгалужених структур, що знову таки обумовлює наявність як структурованої, так і не структурованої води [32-35].
- У клітині співвідношення між структурованою і неструктурованою частками води залежить лише від інтенсивності потоків енергії, які протікають у ній [32-35].
- Фізико-біологічне значення фрактальних енергонапружених кристалічних водних структур живих біологічних систем полягає у можливості нехімічної дальнодіючої резонансної взаємодії біополімерів через загальну ієрархічну структуру організованої води живого організму.



Детальніше:

Встановлено, що [32-35, 104, 170, 171]:

- якщо до молекули біополімера надійшла некогерентна енергія від АТФ і була перетворена у солітон, то на молекулярному рівні у енергії, що надійшла на біополімер і трансформувалась у солітон є два варіанти подальшого шляху - пересуватися по ланцюгу біополімера далі (перший варіант) і перейти із біополімера у середовище, яке оточує біополімер - на молекули води (другий варіант);

- схема фрагменту міжмолекулярної організації біополімерів і води *in vivo* представлена на рис.3.43: молекули води, взаємодіючи із гідрофільними містками біополімерів, утворюють розгалужені кристалічні ланцюги, гілки яких можуть змикатися один із одним, забезпечуючи транспортування солітонів між полімерами, при цьому іони, присутні у водному розчині, гідратуються, локально порушуючи структурований стан води, а неструктурована вода (за умови наявності) веде себе як континуальна рідина.

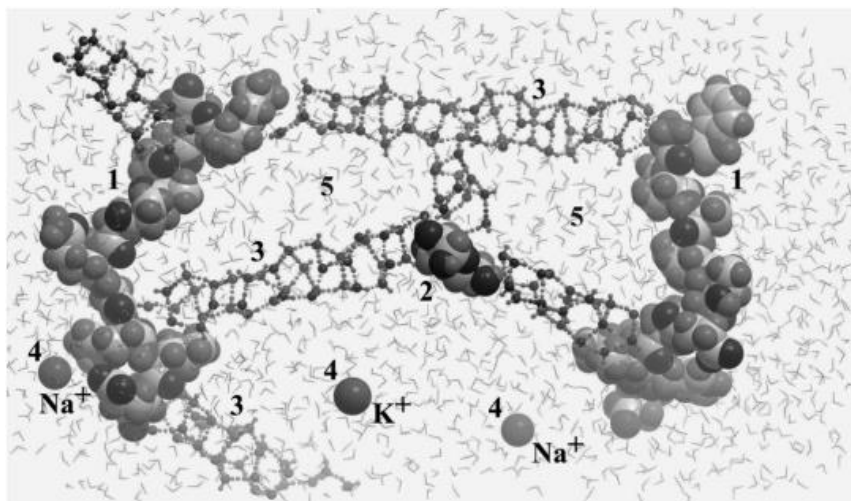


Рис. 3.43. Схема фрагменту міжмолекулярної організації біополімерів і води *in vivo* - «молекулярний осередок» за Л.Н. Галль: 1 - біополімер, 2 - молекула домішки, 3 – енергонапруженні кристалічні структури води (спіраль 30/11), 4 - іонні домішки, 5 - міжмолекулярне водне середовище [32].

- Встановлено наступні особливості руху солітонів у живих біологічних системах, включаючи людину:
 - 1) *особливості руху солітонів по ланцюгу біополімерів:*
 - механізм і можливість руху солітону по ланцюгу біополімера були доведені у роботах А.С. Давидова (1973-1976, СРСР);
 - рухаючись по ланцюгу біополімера, солітони забезпечують енергією й обумовлюють зміну квантово-механічних параметрів складових біополімер атомів, тим самим забезпечуючи конформацію, хімічну активність, механічні переміщення даної молекули, тощо - тобто по суті являються *біохімічним енергетичним потоком*;
 - 2) *особливості руху солітонів через водні структури:*
 - механізм і можливість переходу солітону із ланцюга біополімера у навколишнє середовище - у воду без втрати енергії були доведені у роботах Е. Дель Джудічі (1985, Італія);
 - надходження солітонів у воду обумовлює її структуризацію у кристалічні структури, які утворюють ієрархічні водні системи, що було підтверджено у роботах Н.А. Бульєнкова;
 - впорядковані енергонапруженні кристалічні водні структури забезпечують рух солітонів через водне середовище без поглинання енергії, що дає можливість реалізувати

дальнодіючий енергетичний зв'язок між віддаленими біополімерами;

- рух потоку солітонів через структуровану кристалічну воду із одного боку підтримує стан зв'язаності енергонапруженості кристалічних структур води, з іншого - забезпечує зміну квантово-механічних властивостей атомів віддалених біополімерів, яких досягає і, як наслідок, стимулює їх хімічну активність, управління перебігом біохімічних процесів і їх синхронізацію, тощо - тобто по суті є *енергоінформаційним/керуючим енергетичним потоком*;

- це обґрунтовано у роботах про колективні процеси Л.Н. Галль із введенням поняття «молекулярний осередок», що дозволяє формалізувати перебіг енергетичних процесів у живих біологічних системах;

- важливо відзначити, що віддалений енергетичний керуючий зв'язок формується у резонансних процесах, тобто на основі принципу резонансної відповідності біополімерів [32-35].

Електромагнітна феноменологія молекулярного рівня станів життя і смерті живих біологічних систем.

Молекула біополімеру за своїми структурними характеристиками являється однаковою як в умовах *in vivo*, так і в умовах *in vitro*. Але за своїми функціональними параметрами, перебуваючи в живій біологічній системі молекули біополімерів *in vitro* та *in vivo* категорично відрізняються - вони є живими в живому організмі. Тому науково давно стало зрозуміло, що основа феномена життя повинна бути пов'язана із особливостями перебігу енергетичних процесів мікрорівня і, як тепер стало очевидно, зумовлена квантово-механічними відмінностями енергетичних характеристик утворюючих її атомів в наслідок знаходження до біологічних полімерів біохімічного і керуючого потоків солітонів/енергії. Тобто феномен життя молекул біополімерів являється зв'язаним із протіканням магнітоелектрохімічних процесів всередині них.

- Основою феномена біологічного життя живих систем на мікрорівні є перехід когерентної енергії/солітонів із ланцюгів

біополімера на ланцюги кристалічних енергонапружених структур води, об'єднаних із біополімерами водневими зв'язками, із утворенням довго існуючих біополімерно-водних структур, здатних сприймати енергію будь-якого виду, перетворювати її у когерентну форму та транспортувати, в тому числі по водних ланцюгах, до віддалених від біополімера молекулярним об'єктів.



Детальніше:

У 1985 році група італійських теоретиків на чолі із Е. Дель Джудічі, розвиваючи «солітонні» ідеї А.С. Давидова, поставила собі за мету знайти рішення для більш складного, ніж у А.С. Давидова, випадку, а саме руху енергії в системі «одномірний дипольний ланцюг у поляризованому тривимірному електреті» [138]. Для цього дослідниками було об'єднано одномірне вісьсиметричне солітонове рішення Давидова із рішенням Фреліха [145, 146] для нескінченного тривимірного діелектрика. Поставлене дослідниками завдання було вирішено завдяки використанню принципу «спонтанного порушення симетрії», який до того часу застосовувався виключно у Квантовій теорії поля. При цьому в якості поляризованого середовища/електрету дослідниками була взята вода. В зв'язку із цим результат тепер може розглядатися як рішення задачі для жорсткої моделі «ланцюг диполів у водному середовищі». На той момент часу дане дослідження не привернуло уваги світової науки, проте сучасне трактування отриманих тоді результатів в аспекті системного природознавства дозволяє дати біофізичне пояснення механізмів передачі енергії із біополімера у водне фрактальне середовище живих біологічних систем. У дослідженні Е. Дель Джудіче із співавторами [138] було здійснено пряме вирішення дискретного нелінійного рівняння Шредінгера без звернення до класичного механізму, який використовував А.С. Давидов у первинних дослідженнях самоканалізації енергії на ангармонічних групах, включених у біополімерні ланцюги. При цьому солітони були розглянуті авторами як бозе-конденсація екситонів і солітон був представлений як наслідок нелінійного самосв'язування екситонного поля Гейзенберга. Нелінійне походження солітонного вирішення виявлялося у його зникненні, коли у дискретному нелінійному рівнянні Шредінгера параметр нелінійності G обертався в нуль. Зв'язок між рішеннями А.С. Давидова і Е. Дель Джудічі був у наступному: поле внутрішньомолекулярного нелінійного збудження із внутрішньою взаємодією може викликати конформаційні зміни у молекулярному ланцюжку, які як раз і описуються фононним полем, як у А.С. Давидова; хід теоретичних розрахунків призводить до поля деформацій (фононного), локалізованого навколо солітонного центру і здатного поширюватись із солітонною швидкістю, оскільки фонон та коливальне збудження належать до однієї динамічної самодостатньої категорії - поздовжня звукова хвиля - і

викликаються локалізованим коливальним збудженням та одночасно діють як потенційна яма для нього. Однак, постулюючи цей факт як доказ близькості отриманого вирішення і вирішення А.С. Давидова, Е. Дель Джудічі із співавторами не зрозуміли на той момент його фізичний зміст, тому в їх роботі був відсутній висновок, найважливіший для цієї нелінійної системи, а саме, що солітон можна розглядати як реакцію молекулярного ланцюга на будь-яке зовнішнє, навіть слабо локалізоване, збурення, пов'язане із будь-яким надходженням енергії, якщо це збурення викликає самоканалізацію коливального збудження і в цьому випадку реакція ланцюга полягає у перетворенні енергії, яка трансформувалась у когерентну форму за допомогою локалізованої бозеконденсації екситонів, яка і являє собою солітон Давидова.

Перехід до уявленням симетрії дозволив у межах єдиного підходу квантової теорії поля розглянути більш складну, ніж у Давидова, ситуацію: лінійний полімер, поміщений в поляризує середовище, яке у зазначеній роботі розглядалося за Фреліхом [145, 146] як узагальнений тривимірний електрет. Необхідне рішення було отримано шляхом використання принципу спонтанного порушення симетрії. Дійсно, у даному випадку (1+1)-мірна обертальна симетрія одновимірного полімеру, що задає бажаний напрямок в основному стані для солітону, який рухається уздовж полімеру, порушує симетрію системи, якщо полімер із солітоном, що рухається оточений (3+1)-мірним електретом. При цьому була використана відома у квантовій теорії поля теорема Голдстоуна [41], в якій йдеться про те, що спонтанне порушення симетрії викликає поява позбавлених маси бозонів (бозонів Голдстоуна), які відіграють роль носіїв дальнодіючих кореляцій між складовими елементами системи, тобто між полімером і електретом. Якщо порушення симетрії розглядати як причину можливої поляризації електрету, то ця динаміка створює моди Голдстоуна, які представляють собою зв'язані стани єдиного поля, яке включає в себе солітонове поле та бозонне поле із нульовою щільністю, і в результаті на кордоні зміни порядку, тобто на кордоні біополімер-електрет, має місце загальне вирішення для середовища і для полімеру.

Фізичний сенс цього вирішення полягає у можливості переходу солітону в оточуюче його поляризоване середовище. Зрозуміло що, коли вирішення має одну і ту ж частоту у двох кінцевих дотичних системах (вираз $P(\xi) \rightarrow P(x) + f_n(x) = \text{const}$ в обох системах - полімер та оточуючої його електрет являє собою інваріантне перетворення), солітони можуть поширюватися через кордон полімер-середовище без жодних втрат. Оскільки у розв'язуваній задачі не вводилося ніяких умов, які визначають природу середовища окрім того, що вона являється поляризованим електретом, то розглянуту систему можна інтерпретувати біофізично як лінійний біополімер, поміщений у водне середовище, яке, безумовно, є середовищем поляризованим. У цьому випадку отримане для системи енергетичне вирішення описує його взаємопов'язані динамічні складові для вихідної жорсткої моделі складної системи (біополімер-вода). Відповідно фізичними процесам, що відбуваються в даній

системі, ці динамічні складові надалі будуть іменуватися: перша - *режим самолокалізації енергії*, друга - *режим транспортування енергії* [30-32].

- Відповідно для забезпечення феномену життя енергетичні процеси молекулярного рівня повинні відбуватись на біополімерах у живих біологічних системах, включаючи людину, у режимі самолокалізації енергії й у режимі її транспортування.



Детальніше:

Встановлено, що [30-35]:

- *режим самолокалізації енергії* - це процес на біополімері, який полягає у перетворенні хімічної метаболічної енергії (яка неорганізована, але викликає місцеве коливальне збурення молекулярного ланцюга), що надходить до біополімеру, у когерентний солітон, а далі вільно транспортується по ланцюгу біополімера.

Аналогічне перетворення у когерентний солітон має місце для зовнішньої енергії будь-якого виду і походження, якщо вона викликає коливальне збурення будь-яких із ангармонічних груп молекулярного ланцюга. Важливо відзначити, що солітон у середовищі із розмірністю (1+1), тобто що рухається по ланцюгу біополімера, не має фізичних передумов вийти за його межі.

- *режим транспортування енергії* - це перехід солітону в оточуюче біополімер тривимірне поляризоване середовище - воду.

Відповідно до умови вирішення завдання, в цьому процесі солітон, який рухається по біополімеру, резонансно проходить через кордон середовища, яке відповідно для цього упорядковується. Якщо поляризованим середовищем є водне середовище, то результатом даного процесу буде впорядкування водного середовища, що оточує біополімер, виникнення високого рівня її організації, тобто водне середовище в результаті реалізації режиму транспортування енергії стане структурованим середовищем, пов'язаним із біополімером водневими зв'язками.

- Принципи узагальненої нелінійної кристалізації, розширивши загальні уявлення про можливості самоорганізації води, дозволили пояснити відмінності в прояві «зв'язаності» води у живих біологічних системах (*in vivo*) та у мертвих системах (*in vitro*). Ці відмінності є наслідком того що:
 - у живих біологічних системах присутність зв'язаної води у вигляді фрактальних енергонапружених кристалів підтримується надлишком енергії, яка постійно надходить

до біополімерів у ході перебігу екзоергічних хімічних реакцій (наприклад, реакціях із універсальним носієм енергії - молекулами АТФ).

- у живій біологічній системі утворюються водні енергонапруженні рідкокристалічні структури води, які при цьому постійно відновлюються та існують, поки жива система нормально функціонує, незважаючи на високу температуру живого організму і безліч хімічних реагентів, які ініціюють деградацію/руйнування структурованих водних кристалів [32].

- У живому організмі руйнування рідкокристалічних структур води, часткове або повне, може відбуватися за таких умов:
 - при зниженні надходження до них енергії (хвороби організму);
 - у разі смерті організму, яка зумовлює повне припинення енергетичних процесів, що підтримують життєзабезпечення;
 - зміна процесів взаємодії між біополімерами через водні фрактальні кристали внаслідок зміни зовнішнього магнітного поля (Землі), що визначає їх орієнтацію і впливає на умови резонансу, а також при дії різних зовнішніх фізичних факторів (наприклад, техногенне магнітне поле, тощо) [32].
- У мертвих клітинах біологічних систем та у модельних системах *in vitro* через відсутність надходження енергії від зовнішніх джерел до молекулярних систем, фрактальні структури води не підтримуються, а виявляються повністю зруйнованими. Саме тому на поверхні біополімерів у «мертвій» цитоплазмі має місце звичайна сорбція води, а масив решти незв'язаної води веде себе в повній відповідності із уявленнями хімії про воду як розчинника [32-35].
- Квантово-механічна феноменологія настання стану біологічної смерті на молекулярному рівні може бути описана наступним чином із позиції узагальненої нелінійної кристалізації [32-35, 165]:

1) якщо жива біологічна система (клітина) помирає і відповідно в ній припиняється рух енергії, то баланс між структурованою і неструктурованою водою швидко зміщується в бік

неструктурованої, оскільки енергонапружені структури водних кристалів розпадаються відповідно до швидкості згасання біохімічних процесів у тканинах;

2) для різних тканин процеси припинення руху енергії і розпаду енергонапружених водних систем можуть бути різними у часі (від хвилин до декількох годин і діб);

3) як наслідок водне середовище (цитоплазма) померлих клітин стає звичайним водним розчином із високою концентрацією домішок і лише тоді у цій «мертвій» цитоплазмі вода, яка контактує із розчиненими у ній біополімерами, біомолекулами, іонами, тощо, починає взаємодіяти із їх поверхнею виключно відповідно до законів сорбції, гідратації, хімічних взаємодій, утворюючи безліч різних хімічно обумовлених продуктів, у тому числі - кластерні і клатратні структури, протяжністю в декілька моношарів води;

4) при цьому в значній мірі відновлюється як провідність, так і розчинна здатність цитоплазми, тобто біологічні «аномалії» води, характерні для *in vivo* практично зникають;

5) відсутні енергетичні процеси у організмі - відсутнє життя. Це відбувається не дивлячись на той факт, що молекули біополімерів залишаються «на своїх місцях» і ще якийсь час зберігають свою структуру. Лише після припинення енергетичних процесів відбувається розпад фрактальних енергонапружених структур води, а згодом і біологічний розпад біополімерів. Тобто після зникнення енергетичних біохімічного і керуючого потоків енергії ніщо не підтримує структурний зв'язок біологічної системи і розпочинаються неконтрольовані хаотичні хімічні реакції між речовинами. Таким чином, без протікання магнітоелектрохімічних процесів біологічна система із живої трансформується у мертву - в набір молекул за своєю суттю.

- Механізм неконтактних енергетичних молекулярних взаємодій, реалізується у повній мірі лише у живій біологічній системі *in vivo* та являється одночасно й механізмом забезпечення її існування.



Детальніше:

Ключовим параметром життєдіяльності молекул живих біологічних систем *in vivo* є фізичні процеси самоузгодження енергетичного зв'язку у ланцюгах «біополімер-вода-біополімер-вода». Тобто передача солітону енергії із біополімера на воду та з води на біополімери із утворенням і

подальшим підтриманням водних енергонапружених фрактальних ниткоподібних кристалів у живій біологічній системі виявляється основою феномену життя мікрорівня функціонування. При цьому до молекул біополімерів безперервно надходить енергія від багатьох зовнішніх джерел - як некогерентна хімічна і фізична (первинна), так і когерентна (перевипромінена) енергія від інших біополімерів живої біологічної системи [32-35, 164].

- Процеси біоенергетики живого на молекулярному рівні являються такими, що кожен із біополімерів живої системи постійно вступає у хімічні реакції із молекулами, які переносять енергію, що обумовлює перебіг наступних енергетичних процесів [32-35, 164]:
 - 1) хімічна енергія, яка передається біополімеру, перетворюється у когерентну форму – у солітон (у разі передачі електрона - у біосолітон);
 - 2) транспортування солітонів, не використаних у власних хімічних реакціях біополімера, відбувається по кристалічним структурам води, які виконують функції «стоків» енергії відкритої молекулярної системи;
 - 3) солітони транспортуються лише до тих біополімерів, для яких виконуються умови резонансу, завдяки чому забезпечується вибірковість енергетичних контактів між біомолекулами;
 - 4) саме біомолекули і біополімери, пов'язані один із одним резонансним енергетичним випромінюванням, утворюють на час енергетичних контактів *молекулярний осередок*, у межах якого можуть відбуватися також процеси стимуляції конформацій і механічного руху молекул, що забезпечують далі їх хімічні реакції, в тому числі і між біополімерами самої молекулярного осередка.
- Для можливості формалізації енергетичних процесів у живих біологічних системах і фундаментального пояснення механізму феномена життя біологічних систем фізиком-теоретиком Л.М Галль (2000, Росія) була розроблена теорія колективних процесів і введено поняття «молекулярний осередок» (рис 3.43 на С. 255) [32-35]:
 - *молекулярний осередок* - субстанціональне утворення із двох і більше біополімерно-водних структур, колективні процеси збудження в яких, пов'язані зі сприйняттям, перетворенням і транспортуванням енергії, що створюють дальнодіючі системні

інформаційно-керуючі взаємодії біополімерів у резонансних процесах, і зазначене виявляється специфічною властивістю та ознакою живої матерії.

- Молекулярний осередок може розглядатися як нова умовна «перехідна» одиниця еволюціонування життя біологічної субстанції на Землі (рис. 3.43).



Детальніше:

Встановлено, що [32-35]:

Теорія колективних процесів і введення принципово нового поняття «молекулярний осередок» були обґрунтовані в роботах Л.Н. Галль (Росія);.

Основним компонентом і елементарною одиницею молекулярного осередку за Л.Н. Галь пропонується вважати біополімери (в кількості два і більше), але, як уже зазначалося раніше, біополімери можуть бути присутніми і у неживій біологічній системі, не утворюючи молекулярний осередок. Головна вимога утворення молекулярного осередку – це надходження енергії із зовні. Молекулярний осередок утворюється і проявляє основні властивості життя тоді, коли б хоча б до одного з біополімерів, що знаходяться у водному середовищі і із яких він складається, надходить енергія від зовнішнього джерела. Якщо енергія у біологічну систему не надходить, ті ж біополімери і водне середовище залишаються лише «відсталою матерією», і молекулярний осередок не утворюють. У разі надходження до біополімеру енергії відповідної якості починається її перетворення у корентну форму, подальша передача солітонів у оточуючу воду, структуризація води у енергонапруженні кристали. Тобто тим самим створюються умови для реалізації здатності здійснювати дальнодіючий резонансний зв'язок між біополімерами. І саме цей енергетично об'єднаний комплекс із біополімерно-водних структур і запропоновано розглядати як «молекулярний осередок» та першу умовну «доклітинну» наукову одиницю, яка проявляє феномен життя та може бути визначена як перехідна між живим і неживим.

- Постулювання молекулярного осередку як елементарної одиниці живої/неживої матерії дозволяє по-новому описати ієрархію, що утворюється біологічною субстанцією на Землі, провести подальше формалізування енергетичних процесів у живих системах шляхом побудови математичних моделей клітинних органел і самої клітини. Це буде можливо, оскільки будь-яку органелу клітини можна розглядати як сукупність елементарних нелінійних молекулярних осередків, що знаходяться між собою у нелінійних взаємодіях другого порядку. Як результат завдання, у подальшому стане можливе

створення адекватної фізичної моделі процесів у окремій органелі клітини, який згодом можна буде розділити на ряд послідовних завдань - про процеси у нелінійній молекулярній системі і завдання про процеси між нелійними молекулярними системами. Таким чином, у межах розгляду взаємодій між молекулярними осередками теоретично стане можлива побудова моделі самоуправління системними енергетично-інформаційними міжмолекулярними процесами у живій клітині [32-35, 105].

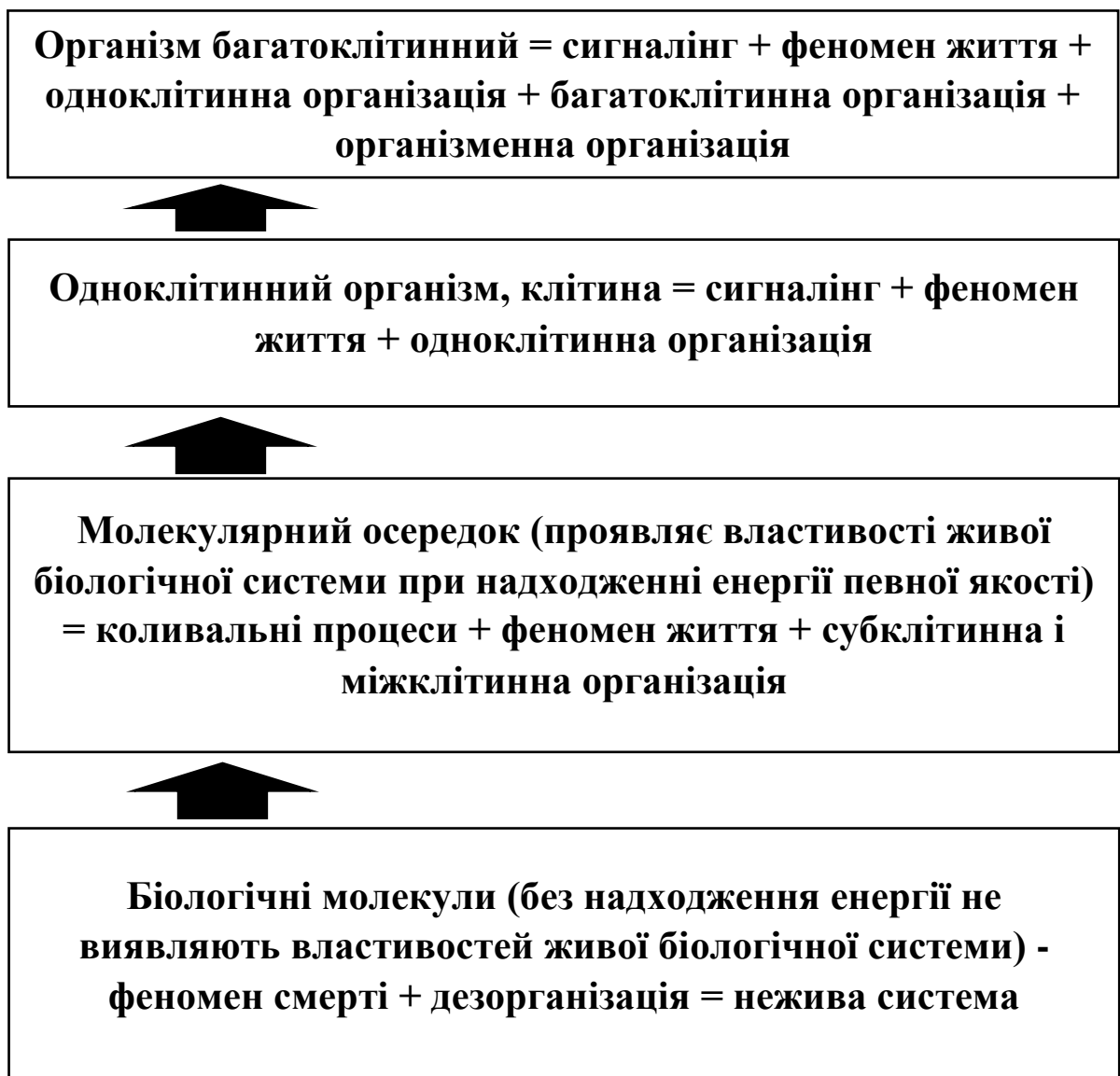


Рис. 3.44. Схема еволюції феномена життя в біологічних системах на підставі теорії колективних процесів Л.М. Галь [32-35].

- Таким чином, феномени життя і смерті у біологічних системах, включаючи людину, реалізуються та виявляються за рахунок перебігу або відповідно відсутності у них магнітоелектрохімічних процесів метаболізму мікрорівня організації, які мають у своїй основі, електричні, магнітні та хімічні взаємодії, обумовлені універсальними принципами будови і функціонування матерії [32-35], а також відміченими особливостями саме живої матерії біологічних систем [32-35].



Детальніше:

- біологічні системи різного рівня складності організації, включаючи людський організм, є живими до тих пір, поки у них відбуваються магнітоелектрохімічні процеси метаболізму на молекулярному рівні, які обумовлюють життєзабезпечення тканин тіла і в першу чергу життєво важливих органів;
 - припинення перебігу магнітоелектрохімічних процесів молекулярного рівня призводить до смерті біологічної системи, яка буде проявлятися втратою сигналіngu, зникненням магнітоелектрохімічної взаємодії, відсутністю функціонування на більш високих ієрархічних рівнях (тканинному, органному, організменному) і мати в цьому зв'язку етапність у часі в залежності від властивостей метаболізму тканин;
 - у першу чергу феномен вмирання відбувається у тканинах із високим рівнем магнітоелектрохімічної активності та значними метаболічними потребами;
 - через припинення магнітоелектрохімічної активності об'єктивно смерть клітини, тканини, органу підтверджується зникненням у них різниці потенціалів на клітинних мембранах, що на рівні організму у людини в усьому світі прийнято констатувати реєстрацією ізоелектричної лінії при електрографії (окремий випадок - ізолінія на електрокардіограмі при настанні клінічної смерті людини і т.п.).
- Фрактальні кристали води забезпечують транспорт солітонів по своїм ланцюгам без втрат енергії, чим створюють фізичну основу енергетичного зв'язку між просторово віддаленими біополімерами, які не перебувають у безпосередньому (хімічному) контакті. Саме у реалізації міжмолекулярних енергетичних зв'язків шляхом передачі інформаційних потоків енергії, складається унікальна роль кристалічних структур води у функціонуванні живих систем, що забезпечує зміст і сенс феномена життя у живій матерії [32-35].

Висновки з позиції системної медицини.

Викладена у главі 3 адаптована теоретизація матеріалу щодо молекулярного рівня будови матерії стала підставою для визначення наступних парадигмально трансформуючих постулатів формулювання магнітоелектрохімічної теорії обміну речовин:

- 1) Молекула як матеріальний прояв речовини і принциповий структурно-функціональний компонент мікрорівня організації живої біологічної системи будь-якого рівня складності, включаючи людський організм, складається із атомів, які являються комплексами польових структур.
- 2) У молекулі атоми пов'язані між собою електромагнітними хвильовими полями, джерелом яких є самі атоми, що беруть участь у хімічній взаємодії і самоорганізації.
- 3) У молекулі хімічний зв'язок між атомами є результатом взаємодії електромагнітних хвильових полів атомів і може бути ковалентним (із узагальненням електронів) або полярним (із переходом електронів).
- 4) Модельно будь-яка молекула може бути представлена у вигляді електромагнітних хвильових пакетів, у вузлах яких знаходяться атоми, які є джерелом хвильової генерації; при цьому електромагнітні хвильові пакети виявляються результатом інтерференції випромінювання всіх атомів молекули біологічної системи.
- 5) Геометрія молекул визначається квантово-механічними характеристиками атомів, що їх утворюють, і в основному стані відповідає мінімуму повної енергії й, відповідно, максимуму сумарної енергії всіх хімічних зв'язків.
- 6) Реальна молекула складається із резонуючих електромагнітних хвильових польових структур (за принципом суперпозиції станів Дірака), тобто не має певної будови, а формується виключно результатом безперервного резонансу - електромагнітного накладення багатьох різних атомарних структур.
- 7) Молекула має енергетичні характеристики, зумовлені електромагнітними характеристиками утворюючих її атомів, які включають енергію обертання електронів, енергію коливання і обертання ядер кожного утворюючого її атому із різним внеском кожного виду енергії у повну

енергію молекули; при цьому кожна енергетична складова квантується.

8) Молекула може знаходитися у основному або у збудженому електронному стані, який класифікується в залежності від сумарного спину молекули і підпорядковується правилам електронних переходів, які мають різну ймовірність.

9) Молекули біологічних систем мають індивідуальні квантово-механічні особливості, зумовлені особливим складом атомів (вуглець (C), водень (H), кисень (O), азот (N), фосфор (P), сірка (S)), біополімерною будовою більшості молекул, значними молекулярною масою і довжиною молекул, і мають різні варіанти можливих станів структурної організації у просторі.

10) У молекулі стан електрону описується за допомогою хвильової моделі на підставі рівняння Шредінгера, що називається молекулярною орбіталлю і включає локалізовані σ -орбіталі, локалізовані і делокалізовані π -орбіталі, n -орбіталі; при цьому мають місце значні складнощі адекватного їх обчислення, оскільки при обліку міжелектронного відштовхування відсутні можливості розділити змінні в жодній системі координат, що і зумовлює використання наближених методів у визначенні форми орбіталей молекул (наукові уявлення форми молекул виявляються відносно умовними).

11) Принциповою квантово-механічною відмінністю функціонування полімерних біомолекул живих систем від молекул речовини неживої природи виявляється їх здатність до перетворення неорганізованої (теплової, хімічної, тощо) енергії у когерентну форму і її міжмолекулярне перенесення за рахунок системи делокалізованих π -електронів (квантово-механічна модель Маллікена).

12) Делокалізація π -електронів у молекулярних системах живих організмів являється важливою і принциповою квантово-механічною особливістю забезпечення кругообігу енергії у Всесвіті (у т.ч. моделі «електронної схеми життя») та феномену біологічного життя; саме тому всі найбільш

важливі біомолекули є частково або повністю сполученими системами.

13) Кожна із двох або більше автономних систем π -електронів живої біологічної молекули може проявляти спектральну незалежність та одночасно взаємодіяти із іншими молекулами; при цьому взаємодія π -електронних систем усередині молекули обумовлена міграцією енергії по ній, тобто переносом енергії між різними функціональними групами цієї молекули, що розглядається в якості квантово-механічних особливостей внутрішньомолекулярного і міжмолекулярного перенесення енергії і заряду.

14) Здатність до внутрішньомолекулярного і міжмолекулярного перенесення енергії і заряду визначається власними квантово-механічними особливостями будови біополімерів живих біологічних систем та виявляється їхньою принциповою відмінною властивістю.

15) Процеси перетворення енергії у молекулах живих біологічних систем супроводжуються феноменом емісії фотонів/електронів, який обумовлюється різними механізмами виникнення (зі стимуляцією - вторинна люмінесценція/емісія фотонів; без стимуляції - власна люмінесценція/емісія фотонів і т.п.), є окремим випадком перенесення енергії, має відмінні риси в різних ультраструктурах клітини (відповідно й у різних тканинах, органах, частинах тіла), найбільш характерна для молекулярних структур, які містять складні білки із хромоформними коферментними групами.

16) Принциповою відмінністю живих біологічних систем є наявність детермінованої самоорганізації їх молекул шляхом реалізації інформаційно-енергетичних процесів внутрішньомолекулярного і міжмолекулярного переносів енергії за рахунок екситон-фононого/солітонового механізму перетворення біополімерами хімічної енергії АТФ у когерентну енергію з подальшою передачею у вигляді солітону/біосолітону/електросолітону по ланцюгу біополімеру.

17) Солітоновий механізм передачі енергії по ланцюгу біополімерів виявляється електромагнітною основою феномену життя живих біологічних систем і усі біополімери живого організму, які мають специфічну будову та містять у своїх ланцюгах ангармонічні атомарні групи, перетворюють хімічну (можливо й іншого виду) енергію, яка збуджує їх коливання, у когерентну енергію/солітони, що далі транспортуються по ланцюгах біополімеру, забезпечуючи його хімічні взаємодії, механічний рух.

18) Організмена універсальність молекули-енергоносія АТФ і узгодженість взаємодії між абсолютно різними біополімерами у живих біологічних системах є результатом постійного впливу когерентної енергії на структуроване водне середовище біологічного організму.

19) Вода у живих біологічних системах виконує ключову роль у процесі передачі і сприйняття когерентної енергії солітону шляхом самоорганізації у фрактальні енергонапружені парамагнітні кристалічні структури, які утворюють з'єднані із біополімерами багаторівневі розгалужені довго існуючі фрактальні комплекси, що підтримуються потоками когерентної енергії/солітонами.

20) Основним найбільш типовим фрагментарним елементом самоорганізації води у фрактальні структури виявляється спіраль 30/11, яка у живих біологічних системах формує енергонапружені фрактальні кристалічні ниткоподібні водні структури, підтримувані енергією, що постійно надходить від біополімерів, і утворюють великі постійно зростаючі ієрархічні структури, які об'єднують усю воду живого організму у динамічному балансі протилежних процесів руйнування та зростання її енергонапружених кристалічних структур.

21) Структура каркасу водної спіралі 30/11 виявляє собою порожню трубку із внутрішнім діаметром 3,2 нм, організовану атомами кисню; при цьому протони покривають її внутрішню і зовнішню поверхні, що зумовлює наявність виражених парамагнітних властивостей й може пояснювати механізм виникнення внутрішньої напруги у кристалічній решітці водних енергонапружених

кристалів живих біологічних систем та впливу на їх орієнтацію, на транспорт солітонів зовнішнього магнітного поля Землі.

22) Феномен біологічного життя на мікрорівні характеризується наявністю стану зв'язаності/організації води у енергонапружені кристалічні структури за рахунок постійного надходження когерентної енергії від біополімерів і припиняється при зникненні цього енергетичного потоку, що відповідає настанню феномена біологічної смерті та проявляється деградацією енергонапруженої фрактальної кристалічної самоорганізації води до незв'язаного стану водного розчину, позбавленого так званих біологічних аномалій (теорія колективних процесів Галль).

23) Процеси біоенергетики молекулярного рівня живих біологічних систем повністю зумовлені протіканням магнітоелектричних процесів і включають етапи: - перетворення хімічної енергії АТФ у когерентну форму солітон; - каналізація утвореної когерентної енергії (солітонів) по ланцюгу біополімеру для забезпечення його біохімічної і механічної активності; - транспортування когерентної енергії (солітонов) до навколишнього поляризованого середовища води із її подальшою структуризацією, утворенням кристалічних ієрархічних водних систем, які виконують функцію віддаленої нехімічної передачі енергії (віддалений енергоінформаційний зв'язок) до віддалених біополімерів задля забезпечення можливості реалізації колективних процесів між біополімерами всієї живої системи (людського організму) (теорія колективних процесів Галль); - вибірковість контакту між біополімерами в процесі реалізації енергоінформаційного солітонового зв'язку обумовлюється виключно магнітоелектричної феноменологією за принципом резонансно-частотної взаємодії між молекулами; - принциповою відмінністю поведінки біополімерів *in vivo* нормально функціонуючої/здорової біологічної системи є їх здатність до колективної взаємодії з утворенням умовної одиниці -

молекулярної осередку, яка володіє якостями феномену життя на відміну від біополімерів у розчині *in vitro*.

24) Молекулярний осередок - нове субстанціональне утворення, що містить дві і більше біополімерно-водні структури, колективні процеси збудження у яких пов'язані зі сприйняттям, перетворенням і транспортуванням енергії, створюють далекодіючу інформаційно-керуючу взаємодію біополімерів у резонансних процесах, що виявляється специфічною властивістю і ознакою живої матерії; - це нова умовна «перехідна» одиниця еволюціонування життя біологічної субстанції на Землі, яка має прикладне значення для проведення формалізації біоенергетичних процесів у живих системах.

25) Феномен біологічного життя повністю детермінований магнітоелектричними процесами молекулярного рівня: відсутні енергетичні процеси - відсутнє життя.

26) Феномен біологічної смерті на молекулярному рівні має квантово-механічне опис, обумовлений зміною енергетичних характеристик атомів молекул внаслідок припинення руху енергії, і має ряд об'єктивних проявів, головним і першорядним з яких є розпад енергонапружених водних кристалічних структур із подальшими явищами зникнення енергоінформаційного зв'язку між біополімерами, початком їх біологічного розпаду.

Зазначене демонструє, що структура і функціонування молекулярного рівня організації живих біологічних систем різного рівня складності, включаючи людський організм зумовлені і реалізуються за рахунок перебігу магнітоелектричних процесів. При цьому початкові квантово-механічні особливості речовин обумовлюють подальші магнітні і електростатичні якості молекул тканин, а хімізм біологічних молекул є вторинною властивістю, яка є похідною від їх магнітоелектричних і енергетичних параметрів, оскільки:

- всі живі біологічні системи, включаючи людський організм, мають електромагнітну природу будови, складаються із резонуючих електромагнітних хвильових польових структур-осциляторів і об'єднуються електромагнітними польовими взаємодіями;

- всі живі біологічні системи, включаючи людський організм, проявляють властивості корпускулярно-хвильового дуалізму і модельно на молекулярному рівні можуть бути представлені у вигляді результуючих інтерферентних електромагнітних хвильових пакетів, у вузлах яких знаходяться атоми, які являються джерелом хвильової генерації, що зумовлює наявність у них хвильових характеристик структур на макрорівні організації;
- всі хімічні реакції, які відбуваються у живих біологічних системах, включаючи людський організм, мають електромагнітну природу і є наслідком прояву польових і електромагнітних взаємодій речовин у них;
- оскільки атоми, що утворюють молекули, є за своєю суттю енергією, то і всі живі біологічні системи, включаючи людський організм можуть на мікрорівні своєї будови розглядатися як форма фундаментально організованої енергії, яка характеризується сумарними енергетичними характеристиками утворюючих її компонент мікросвіту;
- феномен життя на молекулярному рівні обумовлений постійним перебігом електромагнітних процесів, які забезпечують структурну і функціональну цілісність живої біологічної системи, і які припиняються із настанням її смерті;
- вода є обов'язковим компонентом забезпечення життя біологічної системи, оскільки вона створює умови для нехімічної інформаційно-енергетичної кооперації біологічних молекул організму.

Таким чином життя біологічної системи - це процес магнітоелектричної активації її біомолекул, який запускає і забезпечує їх біохімічну активність (каналізація когерентної енергії - біохімічний солітоновий потік) і забезпечує структурну цілісність в колективній їх [молекул] взаємодії цілісного організму (транспортування солітонов із водних енергезірованим структурам - керуючий солітоновий потік).

Тому первинність магнітоелектричної взаємодії молекулярного рівня є основоположною для існування і адекватного

функціонування живих біологічних систем різного рівня складності, включаючи людський організм. Зазначене справедливо, оскільки життєдіяльність і функціонування живих біологічних систем ув коридорі фізіологічної норми, який умовно називається «здоров'я», повністю визначається магнітоелектричним забезпеченням молекул живого організму за участю енергетично зміненого водного середовища.

Важливо відзначити, що виходячи із позицій магнітоелектрохімічної теорії, феномени життя і здоров'я набувають нових характеристик свого понятійного апарату, оскільки повинні описуватися тепер і як стан наявності адекватних (яких саме належить конкретизувати в майбутньому) рівнів перебігу магнітоелектричних енергетичних процесів між біомолекулами, що об'єктивно проявляється на макрорівні нормальним рівнем обміну речовин, функціонування тканин і органів людського організму.

Відповідно хворобу логічно розглядати як порушення магнітоелектричного стану біомолекулярних структур, смерть – як повну їх відсутність, а людський організм - як одну із форм магнітоелектрохімічної організації біологічної матерії на Землі.

Сучасне поглиблення фундаментального природознавства до рівня перебігу магнітоелектричних процесів молекулярного рівня у живих біологічних системах з позицій системної медицини має бути повністю інтегровано у медичну науку зі зміною парадигми із електрохімічного на магнітоелектрохімічний обмін речовин, оскільки для істинного розуміння причин захворювань внутрішніх органів/неінфекційних захворювань необхідно чітко правильне уявлення про те, що власне відбувається із біополімерами людського тіла на молекулярному рівні, які саме трансформації відбуваються із ними у різних умовах та під впливом різних факторів внутрішнього середовища, що визначаються стилем життя людини (характер харчування, рівень фізичної активності, тощо).

Знання і розуміння квантово-механічних особливостей функціонування біополімерів у живих системах, розуміння суті їх енергетичного функціонування, організації форми і ролі електромагнітних компонентів однозначно на сьогоднішній момент являється наступним кроком до поглиблення фундаментального знання патогенезу захворювань внутрішніх органів із подальшим виходом на оптимізацію їх лікування і профілактики.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Антонченко В.Я., Давыдов Н.С., Ильин В.В. Основы физики воды. Киев: Наукова думка, 1991. 672 с.
2. Барановский В. Квантовая механика и квантовая химия. Academia, 2018. 384 с.
3. Барьяхтар В.Т., Бродин М.С., Горбань И.С. Памяти Александра Сергеевича Давыдова. *Успехи физических наук*. 1993. № 7. С. 117-118.
4. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. СПб: ООО Росток, 2002. 352 с.
5. Белянин В., Романова Е. Жизнь, молекула воды и золотая пропорция. *Наука и жизнь*. 2004. № 10(3). С. 23-34.
6. Бернал Дж. Возникновение жизни. Москва: Мир, 1969. 356 с.
7. Бернал Дж., Фаулер Р. Структура воды и ионных растворов. *Успехи физических наук*. 1934. №.5(14). С. 587-644.
8. Бинги В.Н. Принципы электромагнитной биофизики. Москва: Физматлит, 2011. 592 с.
9. Бірюкович Л.О. Кристаллографія, кристалохімія та мінералогія: підручник для студ. спеціальності 132 Матеріалознавство. КПІ ім. Ігоря Сікорського. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 234 с.
10. Бойко В.В., Красноголовец М.А. *Квантово-биологическая теория*. Харьков: Факт, 2003. 967 с.
11. Бойко В.В., Сокол Е.И., Замятин П.Н. Пьезобиосинтез: предпосылки, гипотезы, факты. Монография, в 4 т. Харьк. политехн. ин-т.
12. Браун Г., Уолкен Дж. Жидкие кристаллы и биологические структуры. Москва: Мир, 1982. 198 с.
13. Бульенков Н.А. *Обоснование понятия «кристаллический модуль»*. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Сер. Физика тв. тела. 1998. Вып. 1. С. 19-30.
14. Бульенков Н.А. Параметрические фрактально-триплетные структуры “связанной” воды в виде замкнутых поверхностей и возможность надмолекулярной самосборки на них капсул вирусов. *Кристаллография*. 1990. № 1(35). С. 155-159.

15. Бульєнков Н.А. Роль модульного дизайна в изучении процессов системной самоорганизации. *Материаловедение*. 2006. №9, С. 2-14.
16. Бульєнков Н.А. Роль модульного дизайна в изучении процессов системной самоорганизации (окончание). *Материаловедение*. 2006. №10. С. 2-13.
17. Бульєнков Н.А. Самоорганизующиеся триплетные структуры идеальных фракталов “связанной” воды с симметрией D₃ и T. *Кристаллография*, 1990. №1(35), С. 147-154.
18. Бульєнков Н.А. Системно-структурное модульное обобщение кристаллографии связанной воды для изучения механизмов процессов в биосистемах на атомно-молекулярном уровне. *Кристаллография*. 2011. №4(56). С. 729-746.
19. Бульєнков Н.А., Желиговская Е.А. Роль связанной воды и осадителей в самоорганизации биокристаллов. *Журнал структурной химии*. 2014. № Приложение 1. Т 55. С. S30-S40.
20. Бульєнков Н.А., Желиговская Е.А. Системообразующие функции связанной воды в механизме топохимических реакций образования ультратонких слоёв на водной поверхности. *Биофизика*. 2013. №1(58). С. 8-26.
21. Бульєнков Н.А., Желиговская Е.А. Функциональная модульная динамическая модель поверхностного слоя воды. *Журнал физической химии*. 2006. №10(80). С. 1784-1805.
22. Бульєнков Н.А. Периодические диспирационно-модульные алмазоподобные структуры “связанной воды” - возможные конструкции, определяющие конформацию биополимеров в структурах их гидратов. *Кристаллография*. Т. 33. № 2. С. 424-444.
23. Бункин А.Ф., Першин С.М., Хусаинова Р.С., Потехин С.А. Спиноизомерная селективность молекул воды при гидратации ДНК. *Биофизика*. 2009. Т. 54, №3. С. 396–401.
24. Вебер С.Л., Багрянская Е.Г., Чаповский П.Л. О возможности обогащения ядерных спиновых изомеров молекул Н₂О при помощи адсорбции. *ЖЭТФ*. 2006. Т. 129. №1. С. 86–92.
25. Вернадский В.И. Изучение явлений жизни и новая физика. *Изв. АН СССР. Сер. ОМЭН*. 1931(30). №3. С. 403–437.
26. Вершубский А.В., Тихонов А.Н. *Электронный транспорт и трансмембранный перенос протонов в фотосинтетических системах окислительного типа*. Биофизика. 2013. Т. 58. № 1. С. 75-89.
27. Вигнер, Е. Теория групп и ее приложения к квантовомеханической теории атомных спектров. Москва: Едиториал УРСС, 2018. 452 с.
28. Витковская Н.М., Пупышев В.И. Квантовая химия В: Современное естествознание: Энциклопедия: В 10 т. Москва: Флинта: Наука, 1999-2000. Т.1. Физическая химия 328 с.
29. Галль Л.Н. Биоэнергетика - магия жизни. Санкт-Петербург: Астрель, 2010. 349 с.

30. Галль Л.Н. В мире сверхслабых. Нелинейная квантовая биоэнергетика: новый взгляд на природу жизни. Москва, 2009. 317 с.
31. Галль Л.Н. Материя и жизнь. Санкт-Петербург: ООО «Торгово-издательский дом «Амфора», 2015. 319 с.
32. Галль Л.Н. Физические принципы функционирования материи живого организма. Российская акад. наук, Ин-т аналитического приборостроения, М-во образования и науки РФ, Санкт-Петербургский гос. политехнический ун-т. Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического ун-та, 2014. 399 с.
33. Галль Л.Н., Галль Н.Р. Коллективные процессы в биомолекулярных системах. *Научно-технические ведомости СПбГПУ*. 2010. №2. С. 141-151.
34. Галль Л.Н., Галль Н.Р. Механизм межмолекулярной передачи энергии и восприятия сверхслабых воздействий химическими и биологическими системами. *Биофизика*. 2009. № 3(54). С. 563-574.
35. Галль Л.Н., Галль Н.Р. Новый подход к проблеме биоэнергетики — новые методы исследований в науках о жизни. *Науч. приборостр.* 2008. №2(18). С. 52–60.
36. Горяев П.П., Тертышный Г.Г., Лоцилов В.И., Щеглов В.А., Явление перехода света в радиоволны применительно к биосистемам. Москва. Сборник научных трудов МГТУ им. Н.Э. Баумана. «Актуальные проблемы создания биотехнических систем». Академия Медико-Технических Наук РФ. 1997. Выпуск 2. С.31-42.
37. Гиллеспи Р., Харгиттай И. Модель отталкивания электронных пар валентной оболочки и строение молекул / Р. Гиллеспи, И. Харгиттай; пер. с. англ. Москва: Мир, 1992. 296 с.
38. Голубева Н.Г., Курик М.В. Основы биоэнергоинформационной медицины. К.: «АДЕФ Украина», 2007. 192 с.
39. Гордиенко Е.А., Товстяк В.В., Сведенцов Е.П. и др. Биофизика клеточных мембран. Сыктывкар, 2009. 304 с.
40. Горшков К.А. Солитон. [Электронный ресурс]: Большая российская энциклопедия. URL: <https://bigenc.ru/physics/text/3634157>
41. Гриб А.А. Проблема неинвариантности вакуума в квантовой теории поля. М. Наука, 1978. 274 с.
42. Губин С.П. Химия кластеров, Москва: Наука, 1987, 263 с.
43. Гузей Л.С., Кузнецов В.Н., Гузей А.С. Общая химия. М., 1999. 333 с.
44. Давыдов А.С. Солитоны в молекулярных системах. Киев, Наукова думка, 1984. 288 с.
45. Дементьев А.И., Адамсон С.О. Строение молекул и квантовая химия. Москва, из-во МФТИ, 2018. 250 с.
46. Дроздов А.В., Нагорская Т.Н., Масюкевич С.В., Горшков Э.С. Квантово-механические аспекты эффектов слабых магнитных полей на биологические объекты. *Биофизика*. 2010. Вып. 4(55). С. 740–749.

47. Желиговская Е.А., Бульенков Н.А. Стержневые структуры связанной воды: их возможная роль в самоорганизации биологических систем и недиссипативной передаче энергии. *Биофизика*. 2017. №5(62). С. 837-845.
48. Загорский В.В. Вариант изложения в физико-математической школе темы “Строение атома и Периодический закон”. *Российский химический журнал (ЖРХО им. Д.И.Менделеева)*. 1994. Т. 38. №4. С. 37-42.
49. Загорский В.В. Строение атома и Периодический закон. Трудные темы школьного курса химии. *Сервис химического факультета МГУ*. URL: <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/Zagorskii/welcome.html>
50. Зенин С.В., Тяглов Б.В. Гидрофобная модель структуры ассоциатов молекул воды. *Журнал физической химии*. 1994. Т. 68(4). С. 636-641.
51. Иванов Ю.Н. Ритмодинамика. Москва: Новый центр, 1997. 312 с.
52. Игнатов И., Мосин О. Математические модели, описывающие структуру воды. *Интернет-журнал «Науковедение»*. 2013. №3. С. 1-5. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/04tvn313.pdf>.
53. Игнатов И., Мосин О.В. Изотопный состав воды и ее температура в процессе эволюционного происхождения жизни и живой материи. *Интернет-журнал «Науковедение»*. 2013. №1(14). С. 1-16. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/42tvn113.pdf>
54. Кизель В.А. Физические причины диссимметрии живых систем. Москва: Наука, 1985. 118 с.
55. Колисниченко С.Л., Черкасова Т.В. Структурная организация и свойства воды. *Харчова наука і технологія*. 2013. №2(23). С. 69-71.
56. Кольман Я., Рем К. Наглядная биохимия. Москва: Мир, 2000. 469 с.
57. Комиссаров Г.Г. Фотосинтез. Физико-химический подход. Москва: УРСС, 2011. 252 с.
58. Коновалов А.И. Образование наноразмерных молекулярных ансамблей в высокоразбавленных водных растворах. *Вестник РАН*. 2013. Т. 83. № 12. С. 1076–1082.
59. Конюхов В.Е., Тихонов В.И., Тихонова Т.Л. Разделение спинмодификаций молекул воды и тяжелой воды. *Письма в ЖТФ*. 1986. Т. 12. № 23. С. 1438–1441.
60. Краснобрыжев В.Г., Курик М.В. Квантовые эффекты в природной воде. *Квантовая магия*. 2010. Т.7. №3. С. 4132-4138.
61. Краснобрыжев В.Г., Курик М.В. Свойства когерентной воды. *Квантовая Магия*. 2010. Т. 7. №2. С. 2161-2166.
62. Кресин В. З. Сверхпроводимость и сверхтекучесть. М: Наука, 1978. 192 с.
63. Кудряшов Н.А. Нелинейные волны и солитоны. *Соровский образовательный журнал*. 1997. №2. С. 86-91.
64. Курик М. В. О фрактальности питьевой воды («живая вода»). *Физика сознания и жизнь, космология и астрофизика*. 2001. №3. С. 45-48.

65. Курик М.В. Мицеллярность и фрактальные кластеры биологических структур. *Изв. АН СССР. сер. Физ.* 1991. №55(9). С. 1798-1803.
66. Курик М.В., Курик А.М. Диссимметрия - критерий живой воды. *Квантовая магия.* 2005. Т. 2. №4. С. 4134-4140.
67. Курик М.В., Лапицкий В.Н., Песоцкая Л.А. Кирлианография питьевой воды. *Сознание и физическая реальность.* 2010. Т. 15. №12. С. 25-32.
68. Курик М.В., Марцинюк Л.С. Структурные и энергетические свойства природной воды. *Физика сознания и жизни, космология и астрофизика.* 2011 №2. С. 13-32.
69. Кушелев А., Полищук С., Писаржевский С. Формы, механизмы, энергия наномира: Доступна ли энергия эфира для космических полётов? *Электроника: Наука, Технология, Бизнес.* 2002. № 6. С.72-76.
70. Кушелев А.Ю., Полищук С.Е., Неделько Е.В. и др. Построение масштабной модели структуры белка. *Актуальные проблемы современной науки.* 2002. №2. С. 236-243.
71. Линг Г. Физическая теория живой клетки: незамеченная революция. Наука, Санкт-Петербург, 2008. 376 с.
72. Лобышев В.И., Соловей А.Б., Бульенков Н.А. Компьютерный модульный дизайн параметрических структур воды. *Биофизика.* 2003. №6(48), С. 1011-1021.
73. Лобышев В.И., Соловей А.Б., Бульенков Н.А. Компьютерный модульный дизайн параметрических структур воды. *Биофизика.* 2003. №6(48). С. 1011–1021.
74. Лучин А.А., Шапиро А.Л. Природа полей: взгляд с позиций классической физики и опыта. URSS, Москва, 2010. 120 с.
75. Мак-Вини Р., Сатклиф Б. Квантовая механика молекул. Москва: Мир, 2017. 381 с.
76. Маккей А.Л. Структурные исследования кристаллов Москва: Наука, 1996. 430 с.
77. Марченко А.О., Лобышев В.И., Соловей А.Б. Компьютерное моделирование параметрических структур воды. *Биофизика.* 2013. Т. 58. № 1. С. 27–35.
78. Минкин В.И., Симкин Б.Я., Миняев Р.М. Теория строения молекул. Ростов-на-Дону, «Феникс», 2017. 558 с.
79. Мінцер О.П., Заліський В.М. Системна біомедицина. Т. 1: Концептуалізація. Київ : Інтерсервіс, 2019. 549 с.
80. Мосин О. В., Игнатов И. Загадки ледяных кристаллов. *Сознание и физическая реальность.* 2013. Т. 17. №. 5. С. 21-31
81. Мосин О.В., Игнатов И. Структура воды. *Химия.* 2013. № 1. С. 12-32.
82. Мосин О.В., Игнатов И.И. Изотопный состав воды и происхождение жизни. *Биология в школе.* 2013. № 3. С. 1-16.
83. Насонов Д.Н. Местная реакция протоплазмы и распространяющееся возбуждение. М.-Л.: Изд. АН СССР, 1962. 426 с.

84. Новаковская Ю.В. Молекулярные системы. Теория строения и взаимодействия с излучением. Часть 2. Квантовые состояния. М.: Едиториал УРСС, 2014. 176 с.
85. Песоцкая Л., Ковальчук Г., Глухова Н., Евдокименко Н., Гетман М., Симонова Т. *Использование метода газоразрядного свечения для оценки оздоровительных свойств воды. Устойчивое развитие.* 2020. № 2. С. 10-19. URL: <https://maurorg77.wixsite.com/maur-org>
86. Пиментел Дж., Мак-Клеллан О. Водородная связь, пер. с англ., Москва: Наука, 1964. 462 с.
87. Полинг Л. Общая химия. Москва: Мир, 1974. 846 с.
88. Поляк Э. А. Признаки сверхпроводимости и сверхтекучести в жидкой воде. *Гипотеза.* 1992. №1. С. 20-31.
89. Потяженко М.М., Невойт А.В. Энергетическая система человека в свете современных физико-биологических знаний, концепций, гипотез. *Український медичний часопис.* 2019. №4. Т.2. С. 24-29.
90. Потяженко М.М., Невойт А.В. Энергетическая система человека как часть природного энергообмена: значение для фундаментальной науки и медицины (часть I). *Український медичний часопис.* 2019. №5. Т.1. С.24-29.
91. Потяженко М.М., Невойт А.В. Энергетическая система человека как часть природного энергообмена: значение для фундаментальной науки и медицины (часть II). *Український медичний часопис.* 2019. №6. Т. 1. С 41-44.
92. Потяженко М.М., Невойт А.В. Энергетическая система человека: что известно официальной науке. *Український медичний часопис.* 2018. №6. Т. 2. С. 22-24.
93. Прангишвили И.В., Гаряев П.П., Тертышный Г.Г., Максименко В.В., Мологин А.В., Леонова Е.А., Мулдашев Э.Р. Спектроскопия радиоволновых излучений локализованных фотонов: выход на квантово-нелокальные биоинформационные процессы. *Датчики и Системы.* 2000. №9 (18). С.2-13
94. Пупышев В.И. Современные представления о химической связи. В: Современное естествознание: Энциклопедия: В 10 т. Москва: Флинта: Наука, 1999-2000. Т.1. Физическая химия. 328 с.
95. Пюльман А., Пюльман Б. Квантовая биохимия. Москва: Мир, 1965. 654 с.
96. Росс Э.У. Введение в кибернетику. Пер. с англ. М.: Изд-во ИЛ, 1959. 432 с.
97. Рыжкина И.С., Муртазина Л.И., Киселёва Ю.В., Коновалов А.И. Свойства супрамолекулярных наноассоциатов, образующихся в водных растворах низких и сверхнизких концентраций биологически активных веществ. *ДАН.* 2009. Т. 428. № 4. С. 487–491.
98. Самойлов В.О. Медицинская биофизика. СпецЛит, СанктПетербург, 2013. 591 с.

99. Самойлов В.О., Ллисовский В.А., Щедрунов В.В. и др. Люминесцентный анализ в гастроэнтерологии. Наука, Ленинград, 1984. 236 с
100. Самойлов О.Я. Структура водных растворов электролитов и гидратация ионов. Москва: Изд-во АН СССР, 1957. 180 с.
101. Семихина Л.П. Диэлектрические и магнитные свойства воды в водных растворах и биообъектах в слабых электромагнитных полях. Тюмень: ТюмГУ, 2006. 164 с.
102. Семихина Л.П. Определение магнитных и диэлектрических свойств веществ с помощью индуктивных L-ячеек. *Вестник ТюмГУ*. 2005. № 1. С. 94–100.
103. Сент-Дьёрди А. Биоэлектроника. Исследование в области клеточной регуляции, защитных механизмов и рака. Москва: Мир, 1971. 80 с.
104. Синицин Н.И., Петросян В.И., Елкин В.А. и др. Особая роль системы «миллиметровые волны - водная среда в природе». *Биомедицинская радиоэлектроника*. 1999. №1. С. 3-21.
105. Скулачев В.П. Энергетика биологических мембран. Москва: Наука, 1989. 564 с.
106. Слесарев В.И. Химия. Основы химии живого. Учебник для вузов. СПб.: Химиздат, 2000. 768 с
107. Соколик В.В. Кодирование вторичной структуры и структурного шаблона белка в геноме эукариот. *Научный фонд «Биолог»*. 2014. №3. С. 73-76.
108. Соколик В.В. Никакой дополнительной информации, большей, чем та, что содержится в ДНК, для сворачивания белка не требуется / Матеріали ХІ Українського біохімічного конгресу (06-10 жовтня 2014), Київ. *Український біохімічний журнал*. 2014. № 5(86). С. 37-38.
109. Соколик В.В. Ротамерные варианты конфигурации пептидной связи и их кодирование в геноме / Матеріали Х Українського біохімічного з'їзду. Тези доповідей (13-17 вересня 2010 р.), Одеса. С. 105-106.
110. Соколик В.В. Способ моделирования пространственной структуры белка по детерминирующей его нуклеотидной последовательности. *Біофізичний вісник*. 2010. №1(24). С. 31-45.
111. Степанов Н.Ф., Пупышев В.И. Квантовая механика молекул и квантовая химия. Москва: из-во МГУ, 2011. 379 с.
112. Сьуденяк І.П., Краньчец М., Курик М.В. Оптика розупорядкованих середовищ. Ужгород: Гранда, 2008. 220 с.
113. Трошин А.С. Проблема клеточной проницаемости. М.-Л.: Изд. АН СССР, 1956. 474 с.
114. Тюшев А.Н. Физика в конспективном изложении. Часть 3. Основы молекулярной физики и термодинамики. Квантовая физика. Физика в конспективном изложении. URL: <https://www.twirpx.com/file/599159/>

115. Фаркас А. Ортоводород, параводород и тяжелый водород. Москва: ОНТИ, 1936. 244 с
116. Флайгер У. Строение и динамика молекул. Москва: Мир, 2012. 465 с.
117. Фларри Р. Группы симметрии. Теория и химические приложения. Москва: Мир. 2017. 400 с.
118. Фудзинага С. Метод молекулярных орбит. Москва: Мир, 2013. 461 с.
119. Хабердитцл В. Строение материи и химическая связь: Пер. с нем. Москва: Мир, 1974. 296 с
120. Хобза П., Заградник Р. Межмолекулярные комплексы: роль вандерваальсовых систем в физической химии и биодисциплинах. М.: Мир, 1989. 376с.
121. Цирельсон В.Г. Квантовая химия. Бином, 2015. 496 с.
122. Шаубергер В. Энергия воды. М.: Луза. Экспо, 2007. 320 с.
123. Шигорин Д. Н. Водородная связь в системах с π -электронами. В кн.: Водородная связь. Сб. статей под ред. Н.Д. Соколова, В.М. Чулаковской. М.: Наука, 1964. 339 с.
124. Шишелова Т.И., Созинова Т.В., Коновалова А. Н. Практикум по спектроскопии. Вода в минералах: учебное пособие. Москва: Академия Естествознания, 2010. URL: <https://monographies.ru/ru/book/view?id=74>
125. Эйзенберг Л, Кауцман В. Строение и свойства воды. Ленинград: Гидрометеиздат, 1975. 431 с.
126. Alexander D.M., Krurnhansl J.A. Localized excitations in hydrogenbonded molecular crystals. *Phys. Rev.* 1986. V. 33. P. 7172-7185.
127. Antonov A. Research of the Nonequilibrium Processes in the Area in Allocated Systems. Thesis for Awarding of the Degree” Doctor of Physical Sciences”. Sofia: Blagoevgrad, 2005. P.1-255.
128. Bai J., Wang J., Zeng C. Multiwalled Ice Helixes and Ice Nanotubes. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2006. V. 103 (52). P. 19664-19667. DOI: 10.1073/pnas.0608401104
129. Blumenfeld L.A., Cernavskii D.S. Tunneling of electrons in biological processes. *J. Theor. Biol.* 1973. V. 39. P. 1-7.
130. Bulienkov N.A., Zheligovskaya E.A. Functional modular dynamic model of the surface layer of water. *Russian Journal of Physical Chemistry A.* 2006. V.10(80), P. 1584-1604. DOI <https://doi.org/10.1134/S0036024406100086>
131. Bulienkov N.A., Zheligovskaya E.A. System-forming functions of bound water in the mechanism of topochemical reactions of formation of ultrathin layers on water surface. *Biophysics.* 2013. V. 1(58). P.1-18. DOI <https://doi.org/10.1134/S0006350913010041>
132. Careri G., Buontempo U., Galluzzi F., Scott A.C., Gratton E., Shyamsunder E. Spectroscopic evidence for Davydov - like solitons in acetanilide. *Phys. Rev. B.* 1984. V. 30 (80). P. 4689-4702.

133. Choi T.N., Jordan K.D. Application of the SCC-DFTB Method to H^+ (H_2O)₆, H + (H_2O)₂₁, and H^+ (H_2O)₂₂. *J. Phys. Chem. B*. 2010. V. 114. P. 6932-6936.
134. Christie R.A., Jordan K.D. Monte Carlo Simulations of the Finite Temperature Properties of (H_2O)₆ / in: Theory and Applications of Computational Chemistry: The First 40 Years. A Volume of Technical and Historical Perspectives, Ed. C.E. Dykstra, G. Frenking, K.S. Kim, G. Scuseria. New York: Theochem, 2005. P. 995-1006.
135. Davydov A.S. Solitons as energy carries in biological systems. *Studia Biophys.* 1977. V. 62(1). P. 1-8.
136. Davydov A.S. Solitons in one-dimensional chains. *Phys. Stat. Sol.* (b). 1976. V. 75. P. 735-742.
137. Davydov A.S. The theory of contraction of proteins under their excitation. *J. Theor. Biol.* 1973. V. 38. P. 559-569.
138. Del Giudice E., Spinetti P.R., Tedeschi A. Water. 2010. V. 2. P. 566-586. URL: www.mdpi.com/journal/water.
139. Domrachev G.A., Selivanovsky D.A. The Role of Sound and Liquid Water as Dynamically Unstable Polymer System in Abiogenous Production of Oxygen and the Origin of Life on the Earth. Preprint N 1. Gorky: Inst. of Organometallic Chem. of the USSR Acad. Sci., 1990. 20 p.
140. Exner T.E., Mezey P.G. Ab initio-quality electrostatic potentials for proteins: An application of the ADMA approach. *J. Phys. Chem. A*. 2002. V.106. P. 11791-11800.
141. Faver J.C., Benson M.L., He X., Roberts B.P., Wang B., Marshall M.S., Sherrill C.D., Merz K.M. The Energy Computation Paradox and ab initio Protein Folding. *PLoS One*. 2011. V. 6. P. e18868.
142. Fedorov D.G., Kitaura K. Extending the power of quantum chemistry to large systems with the fragment molecular orbital method. *J. Phys. Chem. A*. 2007. V. 111. P. 6904-6914.
143. Fedorov D.G., Kitaura K. The three-body fragment molecular orbital method for accurate calculations of large systems. *Chem. Phys. Lett.* 2006. V. 433. P. 182-187.
144. Frohlich H. Advances in electronics and electron physics. 1st Edition. Ed. L. Marton. Academic Press, 1980. V. 53. P. 85.
145. Frohlich H. Long-ranch coherence and energy storage in biological systems. *Int. J. Quantum. Chem.* 1968. V. 2. N 3. P. 641-649.
146. Frohlich H., Kremer F. Coherent Excitations in Biological Systems. Berlin, Springer-Verlag, 1985. P 1-5.

147. Gordon M.S., Fedorov D.G., Pruitt S.R., Slipchenko L.V. Fragmentation methods: a route to accurate calculations on large systems. *Chem. Rev.* 2012. V. 112. P. 632-672.
148. Hall D.S., Ray M.W., Tiurev K., Ruokokoski E., Gheorghe A.H., Möttönen M. Tying quantum knots. *Nature Physics.* 2016. V. 12. P. 478–483.
149. He X., Zhang J.Z.H. A new method for direct calculation of total energy of protein. *J. Chem. Phys.* 2005. V. 122. P. 031103.
150. Henry S., Frank S., Wen-Yang W. Ion-solvent interaction. Structural Aspects of Ion-solvent Interaction in Aqueous Solutions: a Suggested Picture of Water Structure. Discuss. Faraday Soc., 1957. V. 24. P. 133-140.
151. Hiramatsu H., Katase T., Kamiya T., Hirano M., Hosono H. Water-induced superconductivity in SrFe₂As₂. *Phys. Rev. B.* 2009. V. 80. P. 052501.
152. Ignatov I. Energy Biomedicine, Structure of Water. Sofia, Moscow, Munich: GeaLibris, ICH, 2005. P. 24-48.
153. Ignatov I., Mosin O.V. Isotopic Composition of Water and its Temperature in Modeling of Primordial Hydrosphere Experiments. *Science Review.* 2013. №1. P. 17-27.
154. Ignatov I., Mosin O.V. Isotopic Composition of Water and its Temperature in Modeling of Primordial Hydrosphere Experiments. *Science Review.* 2013. №1. P. 17-27.
155. Ignatov I., Mosin O.V. Origin of Life and Living Matter in Hot Mineral Water, Acknowledge. *Naukovedenie.* 2013. №2. P. 1-19.
156. Ignatov I., Mosin O.V. Structure of Water for Origin of Life and Living Matter. *Naukovedenie.* 2013. №2, P. 1-16.
157. Keutsch F., Saykally R. Water Clusters: Untangling the Mysteries of the Liquid, One Molecule at a Time. *PNAS.* 2011. V. 98(19). P. 105330-10540.
158. Kussmann J., Beer M., Ochsenfeld C. Linear-scaling self-consistent field methods for large molecules Wiley Interdiscip. *Comput. Mol. Sci.* 2013. V.3. P.614-636.
159. Loboda O, Goncharuk V. Theoretical Study on Icosahedral Water Clusters. *Chemical Physics Letters.* 2010. V. 484 (4–6). P. 144–147.
160. Luck W., Schiöberg D., Ulrich S. Infrared Investigation of Water Structure in Desalination Membranes. *J. Chem. Soc. Faraday Trans.* 1980. V. 2. № 76. P. 136-147.
161. Mackey A.L. In symmetry: unifying human understanding. Ed. I. N.Y.: Hargittai, Pergamon Press, 1986. 21 p.

162. Melkikh A.V., Khrennikov A. Molecular recognition of the environment and mechanisms of the origin of species in quantum-like modeling of evolution. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*. 2017. V. 130. P. A61-79.
163. Michaelides A., Morgenstern K. Ice Nanoclusters at Hydrophobic Metal Surfaces. *Nat. Mat.* 2007. Vol. 6. P. 597
164. Mintser O.P., Potiazhenko M.M., Nevoit G.V. Evaluation of the human bioelectromagnetic field in medicine: the development of methodology and prospects are at the present scientific stage. *Wiadomości Lekarskie*. 2019. V.5(II). P. 1117-1121.
165. Mintser O.P., Semenets V.V., Potiazhenko M.M., Podpruzhnykov P.M., Nevoit G.V. The study of the electromagnetic component of the human body as a diagnostic indicator in the examination of patients with Non-communicable diseases: problem statement. *Wiadomości Lekarskie*. 2020. V.6 (73). P. 1279-1283.
166. Mizuguchi Y., Deguchi K., Tsuda S., Yamaguchi T., Takano Y. Moisture-induced superconductivity in FeTe_{0.8}S_{0.2}. *Phys. Rev. B*. 2010. V. 81. P. 214510.
167. Nakano, T., Kaminuma T., Sato T., Fukuzawa K., Akiyama Y., Uebayasi M., Kitaura K. Fragment molecular orbital method: use of approximate electrostatic potential. *Chem. Phys. Lett.* 2002. V. 351. P. 475-480.
168. Pauling L. (ed.) The chemical bond. New York, 1967. 120 p.
169. Petukhov M., Cregut D., Soares C.M., Serrano L. Local water bridges and conformational stability. *Protein Science*. 1999. Vol. 8. P. 1982-1989.
170. Pople J.A. Molecular Association in Liquids: A Theory of the Structure of Water. *Proceedings of the Royal Society*. 1951. V. 205. P. 1081-1089
171. Preparata G. QED Coherence in Condensed Water. *World Sci. Singapore*. 1995. P. 236.
172. Rau H. Photoreactive Organic Thin Films. Academic Press, 2002. 559 p.
173. Saykally R. et al. Unified Description of Temperature-Dependent Hydrogen Bond Rearrangements in Liquid Water, *PNAS*. 2005. V. 40(102). P. 14171–14174.
174. Scholkmann F., Fels D., Cifra M. Non-Chemical and Non-Contact Cell-to-Cell Communication: A Short Review. *Am. J. Trans. Res.* 2013. V.5. P. 586–593.

175. Shaw D.M., St-Amant A. Linear scaling for density functional calculations on large molecules with the deft software package. *J. Theor. Comput. Chem.* 2004. V. 3. P. 419-442
176. Sjulstok E., Olsen J., Solov'yov I. Quantifying electron transfer reactions in biological systems: what interactions play the major role? *Sci Rep.* 2016. V. 5. P. 18446. URL: <https://doi.org/10.1038/srep18446>
177. Sokolik V.V. Protein is coded in genome and synthesized in ribosomes as a structural template of a rotameric version sequence of peptide bound configuration. The International Moscow Conference on Computational Molecular Biology, MCCMB-11 (July 21-24, 2011), Moscow, Russia. P. 347-348.
178. Sykes M. Simulations of RNA Base Pairs in a Nanodroplet Reveal SolvationDependent Stability. *PNAS.* 2007. V. 30(104). P.12336–12340.
179. Szent-Gyorgyi A. *Bioenergetics.* N.Y.: Acad. Press, 1957. 143 p.
180. Timothy S., Zwier S. Chemistry: The Structure of Protonated Water Clusters. *Science.* 2004. V. 304 (5674). P. 1119-1120
181. Tinsley J.N., Molodtsov M.I., Prevedel R., Wartmann D., Espigulé-Pons J., Lauwers M., Vaziri A. Direct Detection of a Single Photon by Humans. *Nat. Commun.* 2016. V. 7. P.12-17.
182. Tokmachev A.M., Tchougreeff A.L., Dronskowski, R. Hydrogen-Bond Networks in Water Clusters (H₂O)₂₀: An Exhaustive Quantum-Chemical. *E. J. of Chemical Physics and Physical Chemistry.* 2010. V. 11(2). P. 384–388.
183. Tokushima T., Harada Y., Takahashi O., et al. High resolution X-ray Emission Spectroscopy of Liquid Water: The Observation of Two Structural Motifs. *Chem. Phys. Lett.* 2008. V. 460. P. 387–400.
184. Voeikov V.L., Del Giudice E. On the relationship between exclusion zones and coherence domains in water. Труды VI Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине». СПб., 2012. С. 9.
185. Wernet Ph., Nordlund D., Bergmann U., et al. The Structure of the First Coordination Shell in Liquid Water. *Science.* 2004. V. 304. P. 995-999.
186. Yamanouchi K. *Quantum Mechanics of Molecular Structures.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016. 267 p.
187. Zhang D.W., Zhang J.Z.H. Molecular fractionation with conjugate caps for full quantum mechanical calculation of protein-molecule interaction energy. *J. Chem. Phys.* 2003. V. 119. P. 3599-3605.
188. Zheligovskaya E.A., Bulienkov N.A. Modular design of locally ordered tetrahedral structures of Si, SiO₂, and H₂O: I. Investigation of

the possible cooperative local crystallization in amorphous matrices of these compounds. *Crystallography Reports*. 2008. № 6(53), С. 1068-1079. DOI <https://doi.org/10.1134/S1063774508060242>

189. Zheligovskaya E.A., Bulienkov N.A. Rod Structures of Bound Water: A Possible Role in Self-Organization of Biological Systems and Nondissipative Energy Transmission. *Biophysics*. 2017. V. 5(62), P.683-690.

КЛІТИННИЙ РІВЕНЬ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИВИХ БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ, ВКЛЮЧАЮЧИ ЛЮДИНУ

ГЛАВА 4

Як енергія управляє життєдіяльністю - ми цього не знаємо. Засліплені нашими успіхами, ми часто навіть забуваємо ставити такі питання.

- А. Сент-Дьорді

Ми можемо сказати, що життя являє собою сукупність деякого числа джерел, із яких кожне, узяті окремо, виявляється недостатнім для того, щоб забезпечити функціонування живої системи, але за відсутності хоча б одного з них ця система руйнується.

- П.В. Енгельгардт

Вступ. Сучасні уявлення про квантово-механічну організацію клітинного рівня та його частотні характеристики. Роль клітинної мембрани в механізмі магнітоелектрохімічної генерації електричного струму та електромагнітного поля. Висновки з позиції системної медицини.

У попередньому розділі були викладені ключові принципи магнітоелектрохімічної організації будови і функціонування молекул живих біологічних систем. Як підсумок була описана принципово нова умовна структурна одиниця організації життя на субклітинному рівні - молекулярний осередок. Молекулярний осередок по суті є умовним комплексом, який об'єднує біополімери і фрактальні енергонапружені кристалічні структури води у єдиний структурно-енергетичний континуум, який вже володіє ознаками живого. Клітина є наступним ієрархічним рівнем організації живої матерії і в ній з'явився принципово новий морфологічний і функціональний елемент - біологічна мембрана. Вивчення будови і функціонування клітинної мембрани і клітини пройшло складний шлях розвитку ряду моделей, концепцій, теорій. Накопичений фундаментальний матеріал значно прояснив і поглибив уявлення фундаментального природознавства щодо багатьох гістологічних аспектів будови і функціонування тканин живих біологічних систем. Однак багато принципових питань довго залишалися не розкритими. В першу чергу це стосується питань механізмів клітинної біоенергетики.

Еволюція знань фізико-хімічного підходу породила критику класичної мембранної теорії будови клітини. Наприклад, слабким місцем мембранної теорії виявилась несумісна зі здоровим глуздом розрахована енерговитратність роботи іонних насосів мембран: підраховано, що для підтримки градієнтів Na^+ і K^+ шляхом роботи Na^+/K^+ -АТФази мембрани потрібно у 3600 разів більше енергії, ніж

клітина в дійсності здатна застати, тощо. Дана інформація змушує задуматися про існування ще невідкритих наукою способів регуляції і енергозабезпечення клітинного метаболізму, а також про необхідність продовження пошуку істини. Пошук постійно продовжується, породжуючи спроби вирішення проблеми, але кінцева мета поки залишається не досягнутою [40, 76, 102].

Таким чином фундаментальне природознавство, детально вивчивши та змодельовавши структурні компоненти організації клітини, з позицій класичної електрохімії не змогло пояснити універсального механізму клітинного енергозабезпечення та появи у клітин магнітоелектричних феноменів. Існуюча на сьогоднішній день електрохімічна парадигма обміну речовин не може дати адекватного опису механізму вироблення змінного струму клітинами за рахунок ресурсів середовища, не може остаточно пояснити як саме забезпечується ритмічність і адаптаційний енерговідгук клітини на вплив, не може пояснити, як саме і за рахунок яких механізмів клітини організовані у єдину морфоенергетичну структурну систему функціонування живих тканин і цілісного організму.

Ретроспективно аналізуючи наукову ситуацію кінця ХХ-початку ХХІ сторіч, можна зауважити, що у спробі наукового вирішення вченими для пояснення кожної фундаментальної характеристики живого пропонувалися найрізноманітніші схеми: для метаболізму - кілька різних хімічних схем, для гомеостазу і ритмів - ряд електротехнічних схем, для нервової рецепції - іонна теорія збудливих середовищ, тощо [4, 7, 15, 24, 32, 33, 35, 57, 107, 108, 110, 111].

Ми розподіляємо думку тих вчених, які вважають, що для розв'язання існуючих фундаментальних проблем та подальшого наукового прогресу необхідно застосовувати системно-інтегративне мислення із системним аналізом, узагальненням всіх існуючих фундаментальних знань із створенням єдиного наукового фундаментального універсуму знань. Саме такий системно-медичний підхід є найбільш продуктивним і потенційно прогресивним. До того ж у ХХІ столітті вже накопичена достатня кількість наукового знання, на основі якого можна здійснити ефективний ресинтез універсальної науки [98].

Як приклад ефективності реалізації подібного підходу у поточній главі буде наведено вельми перспективний варіант можливого розв'язання «кризи забезпечення енергетики мембран», а саме буде наданий опис сучасної розробленої моделі контуру мембранної магнітоелектрохімічної генерації біострумів (А.І. Оше, Росія). Зазначена модель описує саме універсальний механізм пояснення появи феномена електромагнітизму в живих біологічних системах як наслідок виникнення і перебігу в їх мембранах змінного струму. Зазначена модель є геніальною за своєю простотою та універсальністю. Однак для її створення авторам було необхідно застосувати саме системне мислення, оскільки для цього знадобились знання сучасних законів електрохімії та кібернетики [47-52].

Саме тому, виходячи з позицій системності, при визначенні концептуальної системи поглядів на роль внутрішніх електромагнітних полів, нами не випадково при розгляді клітинного рівня електромагнітної організації ключова увага відводиться клітинній мембрані. Це так, оскільки саме клітинним мембранам живі біологічні системи повинні завдячувати своєю життєдіяльністю. І це пов'язано, зовсім не із формоутворюючою або бар'єрною функцією мембран. Ключовою особливістю виявляється здатність мембран відповідно до законів електрохімії генерувати електромагнітне випромінювання [3, 9, 12, 13, 36].

На початку глави хочемо також відмітити, що дослідження електрофізіології та провідності біологічних мембран, як і багатьох інших електрофізичних параметрів мембран, займають своє місце у процесі конвергенції біології та електроніки [37, 38, 44].

Сучасні уявлення про квантово-механічну організацію клітинного рівня та його частотні характеристики.

Клітина – це жива біологічна система, для якої характерні всі ознаки живого (процеси самоорганізації, передачі інформації, енергетичного метаболізму, тощо).

На підставі накопичених фундаментальних знань і наукових постулатів магнітоелектрохімічної теорії, які були сформульовані у попередніх розділах можна констатувати наступне:

- Кожна клітина живої біологічної системи являється джерелом електромагнітних коливань.
- Клітина і відповідно утворені клітинами тканини багатоклітинних живих біологічних організмів являються квантово-механічними системами, які мають сумарні енергетичні та частотні характеристики польових структур - молекул/атомів, що їх утворили.
- Клітина [і відповідно утворені клітинами тканини] багатоклітинних живих біологічних організмів - це комплекс хвильових функцій, параметри якого визначаються частотно-хвильовою основою структурних і метаболічних процесів, що мають місце у ній.



Детальніше:

Визначення поняття клітини як квантово-механічної системи або комплексу хвильових функцій обумовлено тим, що вона утворена молекулами і атомами, які мають електромагнітну природу будови, складаються із резонуючих електромагнітних хвильового польових структур-осциляторів, що об'єднуються електромагнітними польовими взаємодіями (див. попередні глави).

- З погляду квантової фізики клітина [і відповідно утворені клітинами тканини] живих біологічних систем - це підсумкові інтерферентні електромагнітні хвильові пакети, які мають видову постійну частоту за умови нормального перебігу метаболічних/енергетичних процесів.



Детальніше:

Для клітини, як і для всієї матерії Всесвіту, характерні властивості корпускулярно-хвильового дуалізму, тому модельно клітини [і утворені ними

тканини] також можна представляти у вигляді сумарного інтерферентного комплексу електромагнітних хвильових коливань, які виникають як наслідок генерації осциляцій атомами, так і як результат хвильових коливальних процесів молекул, що утворюють клітини [81, 83].

- Клітина [і відповідно утворені клітинами тканини] живих біологічних організмів, включаючи людину, є наступними ієрархічними системами із періодичним зв'язком, самоузгодженою морфологічною структурою організації, які в силу своєї осциляторної активності створюють власну польову суперпозицію/поле/матрицю і цією суперпозицією підтримуються [67-70, 104-106].
- Частота функціонально здорової клітини і/або тканини є досить стійкою видовою характеристикою для одноклітинних і найпростіших організмів, вірусів, пріонів, а також тканин живого біологічного організму, який функціонує в основному стані/коридорі норми, тобто є здоровим [67-71, 104-106].



Детальніше:

Встановлено, що [67-71, 104-106]

- оскільки атомарна будова речовини є постійною і визначається квантово-механічними характеристиками частинок, що утворюють атоми, то відповідно частотний діапазон, обумовлений коливаннями атомів, також виявляється постійним;

- коливальна активність біомолекул включає крім атомарної компоненти осциляції ще й частотну складову, обумовлену функціонуванням живої молекули - власне її коливанням при трансформації хімічної енергії АТФ у солітон і внаслідок подальшої передачі енергії по ланцюгу біополімеру;

- в основному стані (тобто при функціонуванні біомолекули в коридорі норми) для молекул, що утворюють тканини, характерний певний типовий набір осциляцій, які виникають, виходячи із квантово-механічних особливостей енергетичних/метаболических процесів з їх участю;

- перехід біомолекул у метастабільний стан (тобто стан хвороби) пов'язаний зі зміною метаболических процесів і відповідно проявляється зміною метаболического/енергетичного молекулярного вкладу осциляцій у сумарному частотному показнику клітини/тканини;

- при цьому даний змінений частотний показник буде відповідати частотному прояву патології клітини або тканини на рівні організму (тобто буде реєструватись поява частот патологічних процесів) і теж буде мати стійку характерність для певних типів квантово-механічних розладів мікрорівня (тобто відповідати певним відхиленням від норми);

- таким чином частотні спектральні характеристики - це умовно «частотно-хвильовий паспорт», що відображає будову і стан функціонування клітини/тканини живої біологічної системи.

- Електромагнітні поля клітини [і відповідно утворених клітинами тканин] живих біологічних організмів, включаючи людину, мають міліметровий діапазон довжин хвиль із частотою 10^{10} - 10^{11} Гц і є як квантово-механічним результатом електромагнітної енергетичної взаємодії, так і основою, що забезпечує реалізацію феномена життя; при цьому ці поля виконують функцію електромагнітного «макету/каркасу» живої біологічної системи, який визначає її морфологічні ознаки (квантово-механічна теорія феномена життя С.П. Сітько) [1, 18-23, 29, 61-72, 75].



Детальніше:

Встановлено, що гносеологія проблеми мала наступний розвиток:

1923 рік - відкриття біологом А.Г. Гурвич (1874-1954, Росія-СРСР) факту наявності у живих клітин мітотичного випромінювання [25-27];

1944 рік - А.Г. Гурвич сформулював загальну концепцію біологічного поля на підставі уявлень про векторність біологічних процесів, як таких, що характеризують всі процеси життєдіяльності [25-27];

60-ті роки ХХ століття - були створені генератори електромагнітного випромінювання у міліметровому діапазоні довжини хвиль [30, 31];

1968 рік - П. Мітчелл встановив, що більшу частину енергії метаболізму клітини витрачають на створення і підтримання на плазматичних мембранах напруженості поля у 10^5 В/см [5, 6, 17];

80-90-ті роки ХХ століття - ряд відкриттів став підставою для проведення подальших досліджень: - була встановлена залежність життєдіяльності живого від частоти і потужності електромагнітного випромінювання міліметрового діапазону (Н. Залюбовська, СРСР); - випадкове виявлення можливості терапії виразки шлунку при лікуванні органу зору генератором міліметрового випромінювання (І. Черкасов, С. Недзвецький, СРСР); - відкриття терапевтичного ефекту від впливу окремими квантами (~ 10 - 21 Вт/Гц см²) електромагнітного випромінювання міліметрового діапазону при надмалій інтенсивності впливу на певні біологічно активні точки (Е. Андреев, М. Білий, С. Сітько, СРСР) [1].

1986 рік - Г. Фрьоліх довів, що власні коливання плазматичних мембран клітин знаходяться у міліметровому діапазоні довжин хвиль з частотою 10^{10} - 10^{11} Гц [86, 87].

1986 рік - фізик С.П. Сітько (1936-2020, СРСР-Україна) заклав основи так званої «фізики живого»; - група фізиків на чолі із С.П. Сітько, яка взяла

для себе назву «Відгук», а у подальшому стала співробітниками науково-дослідного центру квантової медицини «Відгук» МОЗ України, філії якого працювали на території всього СРСР, сформулювали квантово-механічну гіпотезу реалізації феномена життя на макрорівні; - ними було задекларовано, що *«квантово-механічні принципи тотожності і дискретності можуть бути застосовані до живих організмів за умови існування самоузгодженого потенціалу структур, які утворюють цей об'єкт і мають тотожні спектральні характеристики»* і *«самоорганізовані потенціали живих об'єктів, що забезпечують квантово-механічний сценарій життя, реалізуються відповідно до генома як власні когерентні поля у міліметровому діапазоні довжин хвиль; при цьому такі поля є електромагнітними макетами живого, завдяки силі когерентності надзвичайно стійкі, що дозволяє постійно контролювати, здійснювати і коригувати ретрансляцію генома на організм стандартними механізмами біохімічної спадковості»* [68, 69, 71, 104-106].

1995 рік - розроблені С.П. Сітько основи так званої квантової медицини були впроваджені в практичну охорону здоров'я СРСР: під керівництвом М. Казакова за підтримки С.П. Сітько був створений госпіталь Сітько-МРТ (Донецьк, Україна), де вже протягом 25 років здійснюється успішне лікування, засноване на квантово-механічній гіпотезі фізики живого С.П. Сітько із використанням надвисокочастотної (НВЧ)-терапії; госпіталь Сітько-МРТ у 2005 році був визнаний кращим закладом із надання медичних послуг населенню в Україні та існував по теперішній час; - сьогодні розроблені технології і прилади відносяться до так званого біорезонансного/частотнихвильового методу лікування [45, 66]

1997 рік - колективом науково-дослідного центру квантової медицини «Відгук» на чолі з С.П. Сітько вперше доведено у прямому експерименті наявність у людського організму власного електромагнітного поля/каркаса із міліметрового діапазону електромагнітних хвиль когерентного поля організму, що утворюється у результаті активності кожної клітини організму: вперше була зареєстрована нерівноважна компонента електромагнітного випромінювання людини в міліметровому діапазоні за допомогою апаратури, і була доведена ще раз правота гіпотези про фізику живого [68, 69, 71].

- Кожна самостійно функціонуюча клітина [і любий живий об'єкт - тканина, орган, організм] являється цілісною квантово-механічною системою, макроскопічний самоузгоджений потенціал якої формується відповідно до геному за лазерним типом у міліметровому діапазоні електромагнітних хвиль за рахунок електромагнітної активності клітинних мембран [67, 104].



Детальніше:

Згідно із розробленими ідеями «фізики живого» С.П. Сітько [67-72, 104-106]: *«Самоузгоджений потенціал кожного живого об'єкта формується відповідно до геномному за лазерним типом у мм-діапазоні довжин хвиль. ... Серед фундаментальних сил природи (сильні, слабкі, електромагнітні, гравітаційні поля) хімічних сил немає. Хімічні взаємодії суть не що інше, як короткодійоча складова електромагнітної взаємодії, яка виділяється в рідинах і твердих тілах завдяки ряду ефектів, серед яких основним являється екранування поля сусідніми квазінейтральними молекулами... Хімічні сили за визначенням, не можуть організувати і підтримувати кореляцію процесів у всьому макроскопічному організмі, тобто вони якраз не можуть у принципі забезпечити диференціацію та морфогенез, як і не можуть окремі молекули ДНК (якими б складними вони не були) «відповідати» за будь-які органи, хвороби, талант, тривалість життя і т.п. В основі фізики живого лежить уявлення про те, що крім анатомічно-морфологічних систем організму, які ми бачимо очима, існує (причому реально існує) те, що ми не бачимо очима. Це так званий електромагнітний каркас людини, а, якщо бути більш точним у фізичному плані, власне когерентне поле людини у мм-діапазоні електромагнітних хвиль. Це поле створюється завдяки електромагнітній активності кожної клітини організму, але, будучи створеним, воно направляє, синхронізує і координує роботу всіх органів і структур організму і в утробі матері, і після народження протягом усього життя. А так як геном кожної соматичної клітини даного організму однаковий, то саме через створення і функціонування цього електромагнітного каркасу і реалізується хромосомна спадкова інформація, забезпечуючи кореляцію всіх біохімічних процесів у організмі. Наявність самоузгодженого потенціалу всього організму дозволяє подолати заборону на застосування квантової механіки та її принципів для цілісних макроскопічних систем (яким є, наприклад, людський організм). Застосування принципів квантової механіки - тотожності і дискретності - ввело у науку універсальний критерій фундаментальності - наявність власних характеристичних частот. Цьому критерію раніше задовольняли три рівня організації матерії - ядерний, атомний і молекулярний. Тепер же, завдяки наявності електромагнітного каркасу організму, виявилось, що живе є четвертим рівнем квантової організації природи із власними характеристичними частотами кожного цілісного живого об'єкта, які забезпечують різноманітну диференційну стійкість живого (існування окремих особин, видів і родин рослинного і тваринного світу) так само як, наприклад, таблиця елементів Менделєєва демонструє різноманітну диференціальну стійкість атомного світу».*

- Клітина як жива біологічна система [і любий живий об'єкт - тканина, орган, організм] є четвертим рівнем квантової організації природи (після ядерного, атомного і молекулярного) [67, 104].
- Електромагнітна активність клітинної мембрани дозволяє розглядати її [мембрану] як растрову топологічну решітку, яка визначає частотний діапазон резонансу із випромінюванням у навколишні середовища - середовище організму і назовні [67, 104].



Детальніше:

Встановлено, що [2, 8, 73, 74, 77, 92, 93]:

- наприклад, баланс процесів окисного фосфорилування і утворення АТФ обумовлений функціонуванням внутрішніх мембран, які мають принципове значення у процесах трансформації енергії;
- мембрана утворює анізотропну структуру для ферментів, які каталізують векторні реакції, а результуючий потік електронів від субстратів із низьким окислювально-відновним потенціалом співвідноситься із трансмембранним перенесенням протонів таким чином, що утворюється трансмембранний градієнт протонів;
- використовуючи принцип хемотаксії, можна стверджувати, що у виникненні і підтримці трансмембранного градієнта іонів водню найважливіша роль відведена дипольній складовій, яка утворюється сукупністю мембран мітохондрій;
- на частотах НВЧ-діапазону коливання диполя забезпечують потужність випромінювання власного електромагнітного поля клітини 10^{-23} Вт;
- поля клітин в агрегації останніх взаємодіють один із одним у моделі клітинних осциляторів, безліч яких і утворює сумарне електромагнітне поле тканини.

- Поодинокі клітини генерують високочастотне електромагнітне поле у міліметровому діапазоні довжин хвиль із частотою 1-100 ГГц із рівнем випромінювання $1 \cdot 10^{-20}$ - $1 \cdot 10^{-22}$ Вт/Гцсм² [54, 55].
- Для мікрохвильового діапазону довжин хвиль (30-300ГГц) спостерігаються резонансні поглинання випромінювання на низці частот у дуже вузькому діапазоні (частки відсотка діапазону частот поглинання), що пояснюється властивостями клітинних мембран, які мають частоту власних коливань у діапазоні від 10^{10} - 10^{11} ГГц [1, 29, 72]
- Резонансні частоти впливу електромагнітного випромінювання надвисокої частоти (НВЧ) міліметрового діапазону на водні

структури і біологічні об'єкти становить 50-100 ГГц і має дискретний характер, що імовірно пояснювалося квантової природою випромінювання, а можливо й існуванням ділянок в системі (імовірно гексагональних фрагментів води), енергетичні переходи у яких є дискретними і такими, що знаходяться у позначеному діапазоні [29, 54, 55].



Детальніше:

Встановлено, що [2, 8, 73, 74, 77, 92, 93]:

- клітинні мембрани мають різницю потенціалів 60-80 мВ при товщині 70 А, що обумовлює величину напруженості поля $E=10^7$ В/м і є показником досить великого рівня напруги;
- при поширенні механічних або акустичних хвиль клітинні мембрани деформуються і в системі можуть виникати електричні коливання із частотою, яка буде дорівнювати частоті механічних коливань;
- механізм поширення інформаційних сигналів на клітинному рівні ряд вчених пов'язують із існуванням акустоелектричних хвиль саме тому, що їх частоти можуть збігатися із частотами окремих органів, порушуючи їх роботу.

- Інформаційно-енергетичні процеси клітинної феноменології життєдіяльності є нетепловими, а оптичними, оскільки знаходяться у так званому біологічному діапазоні (від 10^{14} Гц і нижче), представлені фотонами/солітонами Давидова із довжиною хвилі >1 мкм до 0 і енергією $<0,5$ еВ і до 0, збігаються із цією областю електромагнітного спектра Сонця і значно нижче рівнів енергій іонізації і збудження атомів і молекул.



Детальніше:

Встановлено, що [17-23, 28]:

- для клітини [і відповідно утворених клітинами тканин] багатоклітинних живих біологічних систем процеси самоорганізації, які обумовлюють феноменологію їх життєдіяльності, зосереджені в області енергій квантів істотно нижче енергії іонізації і збудження атомів і молекул;
- кванти енергії цієї області пов'язані із процесами перебудови водних квазікристалів і кластерних структур води, тобто із енергіями водневих і ван-дер-ваальсових зв'язків та поляризаційними перебудовами водних кластерів;
- історично ця область квантів енергії була виділена в сонячному світлі, де вона починалася із частот порядку 10^{14} Гц і нижче та була названа «далекою інфрачервоною областю», яка представлена фотонами електромагнітного поля

із довжиною хвилі > 1 мкм і енергією $< 0,5$ еВ і триває до нульових частот та енергій;

- за енергетичними значеннями з цією областю електромагнітного поля Сонця збігається спектр квантів енергії, який збуджується в процесах самолокалізації на ангармонічних групах молекул і молекулярних структур, у найбільшій мірі представлених у структурах біополімерів;

- історично кванти цього походження стали іменуватися «солітони Давидова», оскільки таке перетворення енергії було вперше теоретично доказано саме ним [Давидовим], тому ця область ідентична фотонам електромагнітного поля в далекій інфрачервоній (і далі) області.

- Відповідність частотних і енергетичних діапазонів електромагнітного поля живих біологічних систем із зазначенням фізичних процесів, відповідальних за появу квантів відповідних енергій показано на рис. 4.1.

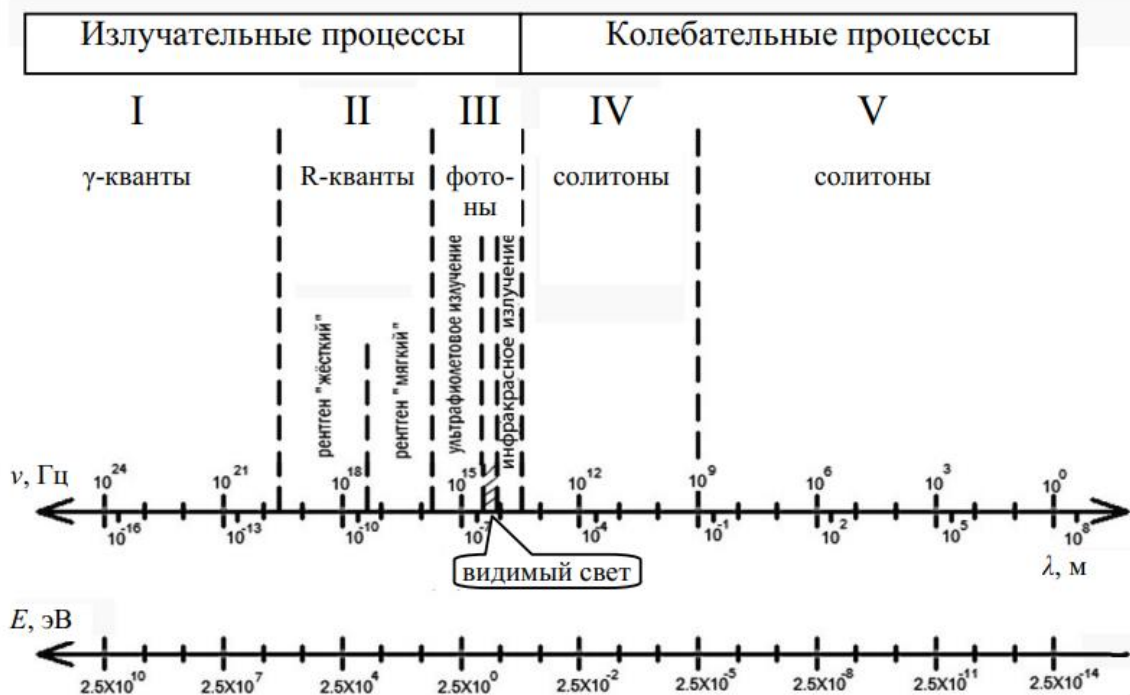


Рис. 4.1. Відповідність частотних і енергетичних діапазонів електромагнітного поля живих біологічних систем із зазначенням фізичних процесів, відповідальних за появу квантів відповідних енергій: I - ядерні процеси, II - процеси внутрішніх електронних оболонок атома, III - процеси зовнішніх електронних оболонок атома, IV - процеси молекулярних ланцюгів, V - коливальні і поляризаційні процеси структур води [18].

- Біологічний діапазон ($0 < \nu < 10^{14}$ Гц) включає п'ять піддіапазонів, які відрізняються біологічними мішенями дії електромагнітного поля: терагерцовий діапазон, НВЧ-діапазон, мегагерцевий діапазон, кілогерцевий діапазон, низькочастотний діапазон.



Детальніше:

Встановлено, що [17-23, 42, 43]:

1.1. Терагерцовий діапазон ($5 \cdot 10^{13}$ - $3 \cdot 10^{11}$ Гц) безпосередньо примикає до області ближнього інфрачервоного випромінювання і раніше називався «далеким інфрачервоним діапазоном»: - до недавнього часу дослідження електромагнітного поля терагерцового діапазону частот практично були відсутні через технічну складність створення приймачів і джерел цього діапазону; - зараз завдяки науково-технічному прогресу і доведеного експериментально факту високої біологічної активності кількість досліджень у цьому напрямку неухильно зростає.

Біологічне значення терагерцового діапазону:

- 1) відповідальний за сигналінг/передачу інформації у когерентній (квантовій) формі - солітонах;
- 2) підтримання енергонапруженості структур води у живих біологічних системах;
– тобто терагерцевий діапазон відповідальний за ключові моменти біохімічного функціонування живих біологічних систем.

Біологічна мішень для терагерцового діапазону: молекулярні ланцюги біополімерів і біополімерно-водних структур живого організму.

Механізм біологічної дії терагерцового діапазону:

- кванти електромагнітного поля терагерцового діапазону мають енергію від 0,2 до 10^{-3} еВ, якої замало для збудження електронних підсистем біополімерів, але достатньо для збудження ангармонічних груп, як у власній структурі біополімерів, так і у структурі прикордонних груп, ангармонізм яких виникає внаслідок з'єднання їх водневими зв'язками із молекулами води; → таким чином кванти енергії терагерцового діапазону збуджують коливання Амід-1-біополімерів і інших ангармонічних груп молекулярних ланцюгів біополімерів і біомолекул; → далі коливальна енергія на цих групах самокалізується і перетворюється у солітони (когерентна форма); → солітони включаються у керуючі енергетичні потоки, що сприяють взаємодії біомолекулярних-водних структур один із одним, і обумовлюючи біохімічне функціонування живих систем.

- Важливе біологічне значення терагерцевого діапазону у забезпеченні життєдіяльності живих біологічних систем на Землі підтверджує факт відкриття того, що саме терагерцовий діапазон

випромінювання космічного походження практично повністю поглинається атмосферою планети і не створює електромагнітних завад космічного походження для процесів сигналіngu у терагерцевому діапазоні біополімерів в живих системах біоценозу Землі.

- Встановлено високий лікувальний ефект застосування терагерцевого діапазону в медицині.

- Використання терагерцевого діапазону можливо у технічних цілях, оскільки було встановлено, що багато діелектриків прозорі у цьому діапазоні частот. Це визначило інтерес до застосування діапазону у радіотелефонному зв'язку. Зазначений факт дуже небезпечний для людства, оскільки зростання електромагнітного техногенного забруднення терагерцевого діапазону може стати загрозою існуванню живих систем і людини на планеті Земля.

1.2. Надвисокочастотний (НВЧ)-діапазон ($3 \cdot 10^{11}$ - $5 \cdot 10^{10}$ Гц) або діапазон «міліметрових хвиль»: - це найбільш вивчений діапазон із доведеним лікувальним впливом на людину; - практично у всіх експериментах спостерігається лікувальний ефект при дії електромагнітного поля НВЧ-діапазону частот на живі організми і його висока відтворюваність. Як резонансні встановлені частоти 42,3 ГГц (7,1 мм), 53,5 ГГц (5,6 мм), 70,5 ГГц (2,4 мм).

Біологічне значення НВЧ-діапазону для життєзабезпечення живих систем має дуже велике значення й аналогічно із терагерцевим діапазоном. Зазначене також підтверджує факт відсутності природних електромагнітних полів НВЧ-діапазону космічного походження в силу їх практично повного поглинання атмосферою Землі та відповідно відсутність «зовнішніх перешкод» для здійснення функції сигналіngu біологічних живих систем у даному енергетичному діапазоні.

Біологічна мішень для НВЧ-діапазону:

- неспецифічні структури - фрактальні кристалічні утворення води у складі біополімерно-водних структур живого організму.

Механізм біологічної дії НВЧ-діапазону:

- кванти електромагнітного поля НВЧ-діапазону мають енергію від $11,24 \cdot 10^{-3}$ до $4 \cdot 10^{-4}$ еВ, що значно нижче енергії водневого зв'язку і дещо нижче кінетичної енергії теплового руху біомолекул; → тому кванти електромагнітного НВЧ-діапазону можуть бути у вигляді солітонів для формування енергетичної підтримки фрактальних кристалічних структур води у складі біополімерно-водних енергонапружених кристалів живих систем і людини.

- Встановлено експериментально, що спостерігається «значно виражений вплив високоупорядкованих (когерентних) електромагнітних випромінювань малої (нетеплової)

інтенсивності на живі організми, а також факт, що основні закономірності цієї дії є універсальними для всіх живих систем, від мікроорганізмів до вищих тварин, включаючи людину». [29].

- Протягом останнього півстоліття НВЧ-прилади активно використовуються в лікувальній медичній практиці і на сучасному етапі модернізовані за рахунок нових цифрових технологій і програмного забезпечення.

1.3. Мегагерцевий діапазон (10^9 - 10^6 Гц) відповідає частотам електромагнітного поля перебігу біохімічних реакцій.

Біологічне значення мегагерцевого діапазону - це енергетичне забезпечення ефектів участі іонів біологічно значущих елементів у біохімічних реакціях життєзабезпечення живих систем.

Механізм біологічної дії мегагерцевого діапазону:

- саме в області мегагерцевого діапазону для постійного магнітного поля Землі знаходяться частоти парамагнітних резонансів окремих іонів (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , тощо), що містяться у цитоплазмі й у рідких структурах живих біосистем та мають принципово важливе значення для здійснення ключових біохімічних процесів; → залежно від функції іонів їх парамагнітний резонанс може виражатися у прискоренні або в інгібуванні окремих функцій клітини; → в ході цих процесів надслабкі фізичні ефекти - відгуки ієрархічних змін фрактальних кристалічних структур води, що відбуваються у цьому ж енергетичному діапазоні виявляються незначними.

1.4. Кілогерцевий діапазон (10^6 - 10^3 Гц): вимірювання резонансного поглинання електромагнітного поля кілогерцевого діапазону дозволяють проводити активну діагностику життєздатності клітинних структур за структурованістю води їх молекулярно-водних структур.

Біологічне значення кілогерцевого діапазону імовірно пов'язано із енергетичним насиченням рідкокристалічних структур води і підтримкою феномена життя у живих біологічних системах.

Біологічної мішенню кілогерцевого діапазону імовірно є поляризаційні процеси підтримки і відновлення кристалічних структур води, які входять до складу біологічних водних структур, так і систем, що самоорганізуються безпосередньо в обсязі води.

Механізм біологічної дії кілогерцевого діапазону:

- кванти електромагнітного поля кілогерцевого діапазону володіють дуже малою енергією, яка при резонансному поглинанні структурами водних кристалів, здатна впливати на їх ієрархічну форму і розташування бічних ланцюгів.

- У кілогерцевому діапазоні відсутні перешкоди від інших фізичних процесів. Це зробило можливим його вивчення методом

L-діелькометрії, який дозволяє за змінами у поглинанні реактивної енергії ($\text{tg}\delta = w_{\text{реактивна}}/w_{\text{активна}}$) в діапазоні від 10 КГц до 100 КГц реєструвати рівень структурування води безпосередньо у живих біологічних системах.

- Резонансні піки поглинання, що спостерігаються у кілогерцевому діапазоні частот у всіх живих організмів, свідчать про присутність у них значної частки води в структурованому вигляді. Зміна інтенсивності піків поглинання на певних частотах і їх поява в інших областях частотного діапазону дає можливість оцінювати в динаміці зміни стану водного компонента живих систем в залежності від умов зовнішнього середовища, внутрішнього стану організму, у тому числі за життя і після смерті. Найбільш наочно демонструють це результати L-діелькометричних досліджень [62], яке показало зміни тангенса діелектричних втрат $\text{tg}\delta = w_{\text{реактивна}}/w_{\text{активна}}$ живого хом'яка, раптово загиблого від стресу безпосередньо під час вимірювань. Через годину після загибелі тварини пік на частоті 70 КГц, відповідний структурованості води для всіх живих і здорових хребетних в живому стані, нівелювався і замінився слабким збільшенням $\text{tg}\delta$ в області частот 20 МГц, характерним для фізіологічного розчину. Позначене повністю підтверджує уявлення про руйнуванні фрактальних структур води після смерті живого організму, відповідає сформульованим постулатам теорії магнітоелектрохімічного обміну речовин в живих біологічних системах, що розглядається в даній монографії.

1.5. Низькочастотний діапазон (10³-0,001 Гц): - слідує за кілогерцевим діапазоном; - ця область спектра активно вивчалася вченими всіх природних наук (хіміками, фізиками, біологами).

Біологічне значення низькочастотного діапазону: встановлені ефекти, пов'язані із дією електромагнітних полів наднизьких частот (≥ 100 Гц) на живі системи і воду із тією особливістю, що біологічна дія електромагнітного поля низькочастотного діапазону виникає лише у присутності магнітного поля Землі і для дії даного діапазону важлива роль колінеарності змінного та постійного магнітних полів в існуванні магнітного ефекту і структурні перебудови водних кластерів в області частот 3,5-8 Гц.

Біологічної мішенню низькочастотного діапазону є водні кластерні фрактальні структури живих систем.

Механізм біологічної дії низькочастотного діапазону:

- відкрито, що під дією електромагнітного низькочастотного діапазону відбувається активація рідкої води, що реєструється за реакцією біотестів на цей процес. Згідно із результатами ряду дослідників, розмір утворених водних кластерів може бути від двох до багатьох тисяч молекул води [39, 41];

- був встановлений важливий факт, що структуризація води мала місце саме при малих величинах електромагнітного поля (при $H > 8$ Ерстед ефекти зникали);

- у тому ж діапазоні частот було показано, що при впливі комбінованих магнітних полів на живі бактерії *E. coli* і *S. Aureus* їх розвиток залежав не лише від колінеарності, але і від взаємної орієнтації векторів електромагнітного і магнітного полів, а також при збільшенні сумарної амплітуди колінеарних полів, коли вектор електромагнітного поля був орієнтований у напрямку поля Землі, завжди спостерігався прискорений ріст колоній бактерій, а при орієнтуванні вектора проти напрямку магнітного поля Землі спостерігався протилежний ефект - швидкість росту колоній знижувалася порівняно із контролем. Ефект проявлявся незалежно від того, піддавалася обробці безпосередньо культура бактерій, або вода потім додавалася до культури, або ж оброблена вода просто перебувала поруч із біотестом. Таким чином подібна стимуляція здійснювалася як при безпосередньому впливі, так і дистанційно - ефект дистанційної активації. Вченими було зроблено висновок, що при колінеарності векторів магнітного поля та електромагнітного поля модулююча функція електромагнітного поля виявлялася на фоні посилення (або ослаблення) постійного магнітного поля Землі. При чому найбільша наочність біологічної дії реєструвалася в процесах, пов'язаних із поділом клітин, що і визначало ефективність бактеріальних біотестів у візуалізації експерименту.

- Подальше вивчення низькочастотного діапазону може відкрити нові фундаментальні явища у знаннях відносно системних енергетичних процесів у живих біологічних системах, включаючи людину.

- Управління та взаємодія між клітинами [і утвореними ними тканинами] у живих біологічних системах відбувається за допомогою ланцюгових реакцій, ініційованих фотонними квантами взаємодії.
- За час розвитку наукового напрямку фізики живого було розроблено кілька базових концепцій впливу на клітини і утворені ними тканини електромагнітних енергій біологічного діапазону.



Детальніше:

- *концепція школи акад. Н.Д. Дев'яткова* базувалася на ідеї, що вплив електромагнітного поля біологічного діапазону реалізується за допомогою акустоелектричних хвиль, які в клітинних мембранах ініціюють генерацію

сигналів управління із формуванням нових мембранних комплексів у клітині, що ініціює на мембранному рівні метаболічні процеси і т.п. [29];

- *концепція О.Бецко і И.Петрова* базувалася на ідеї, що первинною мішенню впливу електромагнітного поля біологічного діапазону є водний матрикс організму, а при впливі приладами із лікувальною метою - водне середовище верхньої частини шкірного покриву, що призводить до підвищення хімічної активності молекул структурованої води організму і далі за принципом тригерного ефекту збудження передається як інформаційний сигнал до рівня білків клітинної мембрани [6];

- *концепція школи квантової медицини проф. С.П. Сітько* базувалася на ідеї іманентності/споріднення низько інтенсивних електромагнітних полів живої речовини, із чого випливає, що для кожної живої біологічної системи (клітини, тканини і т.п. відповідно ієрархічному рівню) існують характерні специфічні для нього частоти, які при надходженні із зовні резонують із відповідними молекулярними структурами, викликаючи їх інформаційний відгук [66-72];

- *концепція колективних процесів проф. Л.Н. Галь* вперше сформулювала фізичні механізми енергоінформаційного впливу, виділивши на основі осциляторної моделі біополімерів із групою Амід 1 можливість формування та передачі двох потоків когерентної енергії у вигляді солітонів Давидова - біохімічного, коли потік солітонів рухається по біополімеру, забезпечуючи його функціональну активність, і керуючого, коли потік переходить на воду, що оточує біополімер, і передається по водній структурованій енергонапруженій фрактальній кристалічній ієрархічній системі всього організму, забезпечуючи тим самим колективні процеси самоузгодженості і т.п. [17-23].

Роль клітинної мембрани в механізмі магнітоелектрохімічної генерації електричного струму і електромагнітного поля.

- Метаболізм, що забезпечує енергоживлення живого, так і всі інші характеристики функцій живих біологічних систем, обумовлені властивостями і особливостями магнітоелектрохімічних процесів, що відбуваються у них на клітинному рівні та призводять до магнітоелектрохімічного збудження мембран клітин і появу в них біострумів.



Детальніше:

XVIII століття - логіка цього твердження почала своє формування із експериментальних робіт Луїджі Гальвані і ряду інших дослідників тих часів (див. главу 1).

Однак до кінця ХХ століття механізм біоелектромагнетизму в живих біологічних системах (електричні і фізіологічні ритми метаболізму, механізм дії нервових імпульсів, електромагнітні поля організму, тощо) не вдавалося адекватно пояснити законами класичної електрохімії.

У ХХ сторіччі намітився значний прогрес у розумінні електромагнітних процесів клітинного рівня: після того, як П. Мітчелл виявив, що метаболічні хімічні реакції у клітинах печінки (цикл Кребса, наприклад) залежать від потенціалу протонів на зовнішній стороні їх мембрани, була встановлена залежність біохімічних процесів від потенціалу на мембранах клітин. Однак пояснити відсутність стехіометричної відповідності метаболітів і протонів, як то вимагали закони класичної електрохімії, не вдавалося. Також не можливо було пояснити відповідно до законів класичної електрохімії вплив на метаболізм нервових імпульсів. Для пояснення механізму дії чутливих (нервових і ін.) клітин була запропонована електрохімічна теорія збудливих середовищ із дією «іонних помп», що перекачують через мембрану клітини метаболіти. Однак одразу вже виникло питання неможливості адекватно пояснити механізми енергозабезпечення функціонування мембран і їх помп [4, 7, 15, 24, 32, 40, 76, 96, 97].

- Кінець ХХ століття - початок ХХІ століття - А.І. Оше (СРСР-Росія) на підставі законів електрохімії напівпровідників і законів самоорганізації електродних реакцій вперше вдалося створити універсальну теоретичну магнітоелектрохімічну модель для розуміння магнітоелектрохімічних механізмів клітинного метаболізму живих біологічних систем [47-52].



Детальніше:

Розроблена А.І. Оше модель мембранної генерації струму була викладена у концепції «Універсальна схема самоорганізації енергетики будь-яких природних систем і об'єктів, включаючи електронно-протонну самоорганізацію енергетики живих об'єктів, засновану на протонних електрохімічних польових ефектах у біомембранних перетворювачах енергії» [47-52].

Саме зазначена модель механізму здатна пояснити, як виникає змінний струм у мембранах, чому це відбувається ритмічно і односпрямовано у часі, чому у клітині виникають по черзі енергетичні стани посилення і послаблення магнітоелектричної генерації, тощо. Тобто запропонована А.І. Оше модель універсального магнітоелектрохімічного механізму генерації біологічного струму (за автором, це модель так званого біо-електрохімічного генератора - біо-ЕХГ) відповідає всім вимогам підходу системоутворюючої методології із позицій системної медицини і повинна бути інтегрована у загальну магнітоелектрохімічну теорію обміну речовин, формулювання якої розпочато

у даному виданні, як варіант можливого розв'язання «кризи енергозабезпечення роботи мембран і мембранних помп».

- Клітинна мембрана окрім всіх раніше відомих функцій відіграє ключову роль у механізмах магнітоелектрохімічної генерації електричного струму й електромагнітного поля, тобто приймає участь у безпосередньому енергетичному забезпеченні клітини. Таким чином усі види фізіологічної діяльності та біохімічної активності клітини безпосередньо залежать від функцій біологічних мембран.



Детальніше:

При порушенні цілісності клітинної мембрани клітина гине. Порушення функціонування клітинної мембрани проявляється метастабільним станом/хворобою клітини і всього організму (наприклад, саме патологія функціонування рецепторного апарату мембрани призводить до виникнення цукрового діабету 2 типу, порушення структури і цілісності мембрани гепатоцитів – до синдрому цитолізу; надмірне надходження в організм людини і тварин фосфоліпази A2 при укусах деяких отруйних змій призводить до сильного руйнування клітинних мембран, що може бути не сумісно із життям, тощо). Сумарна маса внутрішньоклітинних мембран становить 2/3 маси зневодненої клітини, що підтверджує ключову роль мембран у клітинному життєзабезпеченні. Чим інтенсивніший енергетичний обмін властивий клітині, тим більшу сумарну площу мембран вона має (наприклад, сумарна площа мембран печінки щура досягає тисячі квадратних метрів при масі органу близько 6 г) [16, 46, 59, 99].

- І як тепер очевидно із позицій системної медицини, клітинна мембрана відіграє ключову роль у безпосередньому енергетичному забезпеченні клітини [і відповідно більш високих ієрархічних структур живих біологічних систем - тканин, органів, організму].



Детальніше:

Встановлено, що [29, 56, 60, 86, 87, 89, 90, 95]:

- ділянки мембран із включеними у них білковими молекулами при товщині мембрани близько 0,01 мкм осцилюють із частотою $0,5 \cdot 10^{11}$ Гц, тобто у НВЧ-діапазоні;
- солітоновий механізм передачі енергії гідролізу молекули АТФ уздовж біополімерів справедливий і для молекул біологічних мембран, які мають у своєму складі ангармонічні групи Амід 1; при цьому під впливом електромагнітного випромінювання солітони можуть розпадатися на швидко

релаксируючі екситон і локальну деформацію білкової молекули, що буде викликати коливання із довжиною хвилі (4,6 8,8) нм;

- при дослідженні механічних поздовжніх коливань заряджених мембран встановлено, що вони можуть здійснювати коливання із частотою 10^{10} – 10^{11} с⁻¹, тобто із частотою у НВЧ-діапазоні.

- Мембрана - це структурне динамічне утворення із характерними електромагнітохімічними особливостями організації (рис. 4.2):

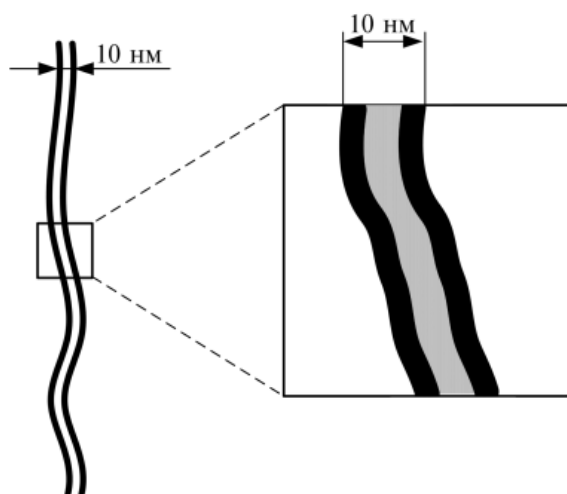


Рис. 4.2. Схематичне тришарове зображення мембрани на електронограмі [61].



Детальніше:

Встановлено, що [88, 91, 94, 103, 109, 112]:

- при електронній мікроскопії встановлено, що усі біомембрани живих біологічних систем мають тришарову будову (бімолекулярний шар ліпідів - по краях і білковий шар - у середині) із сумарною товщиною 7-15 нм, із асиметрією тришарової організації (при електронній мікроскопії шари мають різну товщину і щільність) в залежності від виду клітини і мембрани (рис. 4.2), знаходяться у рідкокристалічному стані, являються напівпровідниковими гетероструктурами, мають зовнішній позитивний заряд, утворений голівками фосфоліпідів, електричний потенціал поверхні 75-200 мВ, підвищену концентрацію іонів Na⁺ назовні мембрани, K⁺ - усередині клітини (властивість вибіркової проникності для іонів Na⁺ і K⁺).

- Усі властивості біологічних мембран засновані на квантово-механічних особливостях їх будови. Принципово важливо, що якісний, кількісний склад і структурна локалізація компонентів

мембран забезпечує наявність властивостей напівпровідникових гетероструктур у всіх біологічних мембран.



Детальніше:

Встановлено, що [10, 11, 14, 34, 58, 64, 79, 80, 84, 85, 100, 101]:

1) *Для всіх мембран характерною являється рідкокристалічна будова, особливості якої полягають у наступному:*

- *рідкокристалічна будова мембран зумовлена тим, що бімолекулярний шар фосфоліпідів, який утворює біомембрани, у фізіологічних умовах (при температурі тіла, нормальних рН і іонному складі інтерстицію та цитозолу) виявляє собою рідкий кристал;*
- *особливість рідкокристалічного стану у мембранах обумовлює унікальне із точки зору природи поєднання високої впорядкованості із великою рухливістю молекулярних компонентів;*
- *лабільність рідких кристалів мембран забезпечує підтримання стабільності утворених ними структур у відкритій системі при мінливих умовах її існування, що проявляється в значній рухливості їх молекулярних компонентів, у високих темпах відновлення (наприклад, час напівжиття мембранних структур у плазмолемі і мембранах ендоплазматичної мережі - 50 годин, у мітохондріальних мембранах - 110 годин, у ядерній мембрані - 120 годин, час напівжиття мембранних ліпідів - 15-80 годин, мембранного холестерину - 24-140 годин);*
- *у фізіологічних умовах текучість біологічних мембран зменшується при підвищенні в них вмісту холестерину, іонів кальцію та магнію;*
- *двовалентні іони в залежності від концентрації нейтралізують у тій чи іншій мірі негативний заряд на голівках фосфоліпідів і послаблюють їх взаємне відштовхування, що призводить до більш щільної упаковки молекул у біомембрані;*
- *місцеві анестетики (новокаїн і споріднені із ним сполуки) підвищують ступінь текучості клітинних мембран, впливаючи на їх рідкокристалічний стан;*
- *рідкокристалічний стан мембран змінюється при зростанні і розвитку клітин, а також при деяких патологічних станах (рак, дистрофії та ін.);*
- *рідкі кристали здатні до фазових переходів, тобто до перетворення у тверді кристали і поверненню до свого попереднього стану, що *in vivo* може відбуватися у фізіологічних*

умовах під дією ряду агентів/подразників та мати місце не в усьому обсязі мембрани, а у певних її локусах.

2) Для всіх мембран характерна асиметрія в складі ліпідних шарів:

- у плазмолемі всіх клітин ссавців зовнішня сторона насичена холінфосфатідами (фосфатидилхолін, сфінгомієлін), а внутрішня - амінофосфатідами (фосфатиділетаноламін, фосфатиділсерін);
- внаслідок асиметрії ліпідів зовнішня і внутрішня поверхні біологічних мембран зазнають різної деформації при зміні температури і під впливом хімічних агентів;
- ліпідна асиметрія може визначати кривизну клітинної мембрани та її властивості як напівпровідника.

3) Для всіх мембран характерна асиметрія в складі мембранних протеїнів і вуглеводів:

- внутрішня сторона біологічних мембран вільна від вуглеводів, а глікопротеїди зосереджені переважно на зовнішній стороні плазмолемі і забезпечують рецепторну функцію;
- основна частина ферментів-білків плазматичних мембран більшості клітин, вбудована у внутрішню половину ліпідного бішару;
- асиметрична орієнтація білків і ліпідів обумовлює векторні властивості біомембрани, тобто можливості односпрямованого перенесення речовин через неї, а також впливає на властивості мембран як напівпровідників.

4) Для всіх мембран характерна висока динамічність існування і будови:

- дані про мінливість фізико-хімічних властивостей клітинних мембран дозволяють вважати їх дуже динамічними структурами;
- біологічні мембрани можуть переміщатися, зникати, виникати знову;
- у клітині безперервно відбувається мембранний обмін.

5) Для всіх біологічних мембран характерною є наявність поверхневого заряду:

- поверхневий заряд створюється полярними голівками фосфоліпідів, глікопротеїдами (головним чином карбоксильними групами сіалової кислоти й амінокислотними залишками), гліколіпідами, які утворюють на поверхні біологічних мембран негативний заряд;
- існування заряджених груп на біологічних мембранах призводить до утворення дифузійного подвійного електричного шару, в якому зафіксований негативний заряд клітинної поверхні, урівноважений позитивним зарядом, який створюється міжклітинним середовищем за рахунок іонів;
- різниця потенціалів між частинами подвійного електричного шару (різниця потенціалу зовнішньої поверхні відносно інтерстицію) - це електрокінетичний потенціал/дзета-потенціал;

- дзета-потенціал залежить від природи електроліту і концентрації іонів;
- при зменшенні концентрації хлориду натрію у міжклітинному середовищі у 200 разів товщина подвійного шару зростає у 5 разів; дзета-потенціал пов'язаний із товщиною подвійного шару експоненційною залежністю;
- при високій концентрації електроліту дзета-потенціал знижується до нуля;
- коли у міжклітинному середовищі присутні двовалентні катіони, надлишок позитивних зарядів може стати настільки значним, що дзета-потенціал змінить свій знак;
- зниження дзета-потенціалу і, тим більше, зміна його знаку на протилежний супроводжується злипанням плазматичних мембран сусідніх клітин (наприклад, зміна дзета-потенціалу буває при надлишку Ca^{2+} у міжклітинному середовищі, а також при перебуваннях клітинних мембран);
- у клітинах крові (наприклад, еритроцитів) дзета-потенціал може знижуватись за рахунок розладів сольового, білкового складу кров'яної плазми, що лежить в основі принципу зміни швидкості осідання еритроцитів (ШОЕ);
- за рахунок дзета-потенціалу має місце електроліз клітин - у електричному полі вони рухаються до аноду;
 - дзета-потенціал на поверхні мембран різних клітин варіює від -10 до -30 мВ;
- дзета-потенціал зменшується в інтерстиції і цитозолі по експоненті зі збільшенням відстані від зовнішньої до внутрішньої поверхні біомембран;
- для оцінки декремента/загасання дзета-потенціалу використовується радіус екранування Дебая - відстань, на якому потенціал падає в e раз;
- в інтерстиції радіус екранування Дебая становить 0,8 нм (тобто складає приблизно десяту частину товщини біомембрани);
- дзета-потенціал діє на дуже обмеженій відстані, але має суттєвий вплив на розміри міжклітинних просторів, протидіючі силам тяжіння ван-дер-ваальса;
- найменша відстань між клітинами становить 10-20 нм і при такій відстані існує енергетична яма у взаємодії кулонівських і ван-дер-ваальсових сил;
- тканини, клітини яких характеризуються великим дзета-потенціалом, мають більш протяжні (до 10 мкм) міжклітинні проміжки;
- у більшості тканин просвіт між клітинними поверхнями становить від 100 нм до 1 мкм.

б) Мембранам також властиві електрострикція і флексоелектричний ефект (здатність генерації електричних потенціалів на мембрані при її деформації).

- Саме квантово-механічні особливості будови мембран зумовлюють появу у них електричних властивостей; при цьому саме поверхневий заряд плазмолемі відіграє важливу роль у міжклітинних взаємодіях, сприяє стабільності мембранних структур, зв'язуванню іонів, що знаходяться в міжклітинному середовищі; від поверхневого заряду плазмолемі залежить іонний склад примембранних шарів міжклітинного середовища, який впливає на значну кількість внутрішньоклітинних обмінних процесів.
- Унікальні магнітоелектрохімічні властивості біологічних мембран безперечно пояснюються тим, що за квантово-механічними параметрами будови вони являються напівпровідниковими гетероструктурами і проявляють властивості напівпровідників.



Детальніше:

У фізиці напівпровідників використовується наступний понятійний апарат, справедливий для біологічних мембран. Згідно сучасних уявлень *напівпровідникова структура* являє собою певну межу розділу, у якій присутній напівпровідниковий матеріал. Сюди відносяться межа розділу між ділянками електронної провідності всередині напівпровідникового кристала (р-п-перехід), межа розділу між шарами напівпровідника із різною шириною забороненої зони (гетероперехід), тощо. *Гетероструктура* позначає наявний «шаруватий пиріг» із різних напівпровідників (тобто у випадку живих біологічних систем – багатошаровість біологічних мембран), які у загальному випадку відрізняються шириною забороненої зони. *Гетероперехід* - це контакт між двома різними речовинами або між речовиною і вакуумом. Гетероструктура - це об'єкт, що повинен володіти принаймні одним гетеропереходом. Напівпровідниковим гетеропереходом називають контакт двох напівпровідників різного виду і різного типу провідності. Оскільки у гетеропереходах використовуються різні матеріали, необхідно, щоб у цих матеріалів із високою точністю збігалися два параметри: температурний коефіцієнт розширення і постійна решітки. Електронно-дірковим переходом або р-п-переходом називається межа розділу між напівпровідниками із електронною і дірковою провідністю. Враховуючи зазначене, встановлено, що термін гетероструктура цілком виявляється правомочним для біологічних мембран, які як з'ясувалось, можна віднести саме до шаруватих напівпровідникових матеріалів за будовою (чергування ліпідних і білкового шарів) і для яких також виявляється характерним гетероперехід [53, 65, 82].

- При цьому мембрани всіх клітин людського організму [включаючи тканини, кістки, жири, рідкі середовища та ін.] являються різними за типами напівпровідниками в залежності від своєї структури і відповідних квантово-механічних характеристик:
 - до вузькозонних, що добре проводять струм напівпровідників типу напівметалів відносять нервові та м'язові клітини;
 - до широкозонних, включаючи різні ізолятори, у тому числі із іонною (зазвичай - протонною) провідністю відносять різного роду ліпідні і кісткову тканину;
 - до напівпровідників із змішаною провідністю відносять мембрани клітин і різні водні середовища організму.
- Механізм мембранної електрохімічної генерації біострумів у живих біологічних системах ґрунтується на принципах електрохімії напівпровідників і знайшов наукове відображення у концепції ідеї біомагнітоелектрохімічного генератора - модель А.І. Оше.
- На біологічних мембранах має місце процес магнітоелектрохімічної генерації електричного струму за допомогою організації односпрямованого руху протонів у біомембрані у так званому самоорганізованому катодно-анодному контурі/контурі мембранної магнітоелектрохімічної генерації біострумів, який являє собою об'єднання двох протилежно спрямованих процесів - токоутворюючого анодного руху протонів і катодної реакції, керованих через протонні польові ефекти (іонні процеси) [47-52].



Детальніше [47-52]:

Механізм мембранної електрохімічної генерації біострумів у живих біологічних системах ґрунтується на принципах електрохімії напівпровідників і дозволяє відбуватися анодному окисненню перевареної їжі (у ссавців, риб і птахів); після чого продуктом підкисленого середовища збуджується катодне відновлення окиснювача (у ссавців, риб і птахів - кисню; у рослин аналогічну роль виконують фотони Сонця й оксид вуглецю повітря). Утруднення

засвоєння будь-якого із цих реагентів і виведення продуктів метаболізму спочатку ускладнює роботу відповідної електрохімічної межі ділянки життєздатності, а при серйозних розладах може призводити до загибелі живої біологічної системи відповідно у наслідок виникнення енергодефіциту.

Модель механізму мембранної електрохімічної генерації біострумів була розроблена А.І. Оше при експериментальному вивченні метаболізму на клітинному й організменному рівнях живого за допомогою вимірювань електричних потенціалів на тілі живих об'єктів із використанням медичного вимірювального приладу - біопотенціалометру (БПМ, СпецТехноРесурс, Росія) [78], що є високоомним вольтметром, адаптованим для вимірювання потенціалів живих об'єктів.

А.І. Оше перевірялася гіпотеза, що на різних ділянках клітинної мембрани має місце біологічна електрохімічна генерація біоструму шляхом перебігу двох протилежно спрямованих електрохімічних процесів: окислення продуктів травлення і відновлення окиснювача, які надходять із навколишнього середовища. Через свої продукти ці реакції об'єднуються у самоорганізований контур, що створює змінний струм, який забезпечує енергією всі функції живого.

- Модель контуру мембранної магнітоелектрохімічної генерації біострумів Оше представляє собою універсальний алгоритм пояснення механізму появи феномену електромагнетизму в живих біологічних системах як результату виникнення і перебігу в їх мембранах змінного струму.
- Сутність ідеї: енергоживлення живих біологічних систем забезпечується електрохімічними процесами на їх мембранах шляхом реакцій анодного окислення продуктів травлення (паливо) і катодного відновлення кисню (окиснювач).
- Зазначені реакції відбуваються саме на біологічних мембранах, завдяки тому, що мембрани володіють властивостями напівпровідників.
- Безпосередньо у мембранах клітин магнітоелектрохімічні реакції відбуваються за рахунок того, що фосфатна частина мембрани забезпечує всі електронні явища, а ліпідна частина - доставку керуючих ними протонів.
- Процеси анодного окиснення і катодного відновлення взаємопов'язані через свої продукти реакції - кислотно лужну рівновагу, яка скерована у живому організмі за законами кібернетики.
- Принцип пристрою біологічного контуру мембранної магнітоелектрогенерації подібний до технічного. Єдиною

принциповою відмінністю біологічного контуру магнітоелектрохімічної генерації біострумів від технічних прототипів є те, що в технічному обладнанні анодна і катодна реакції відбуваються на різних електродах, розділених електролітом, а на мембранах живих біологічних систем обидва процеси відбуваються на загальній для них мембранній матриці, але на різних її ділянках, пов'язаних одна із одною електронним і йонним каналами провідності.



Детальніше [47-52]:

Згідно квантово-механічних уявлень біологічні мембрани як напівпровідники характеризуються різноманітними властивостями, зумовленими наявністю у них так званої «забороненої енергетичної зони», яку необхідно долати електронам для здійснення процесів метаболізму в живому.

У біологічних мембранах як у напівпровідниках концентрація вільних електронів (носіїв струму) мала і тим менше, чим ширше «заборонена зона», і будь-які енергетичні впливи на мембрани сильно змінюють концентрацію вільних електронів і відповідно пов'язану із ними реакційну здатність тих ділянок мембран, які виконують у даному момент функцію електроду. Реакції ділянок мембран, що виконують функції електродів, на енергезуючі впливи є неспецифічними і виражаються у зміні швидкості електродних реакцій.

Згідно законів електрохімії у мембранах відбувається наступне: - наявність у напівпровідникових електродах [відповідних ділянках біологічних мембран] електроактивних домішок (донори електронів, наприклад - протони) збільшує у напівпровіднику концентрацію електронів в зоні провідності і тим самим прискорює катодні реакції [зазначене дозволяє зробити припущення, що відповідна зміна хімічного складу біологічних мембран, яка може виникати в наслідок потрапляння до організму людини різних хімічних речовин із їжею (наприклад, барвників, стабілізаторів, консервантів, тощо) також може призводити до зміни їх електроактивних параметрів]; - збільшена кількість електронів в наслідок донорно-акцепторної компенсації дірок у валентній зоні одночасно гальмує анодні реакції; - утворена протонами в електроді ділянка просторового заряду рухлива і з нею переміщається зона реакційної здатності; - цей електрохімічний польовий ефект у біомембранах аналогічний польовим ефектам у транзисторах, але відноситься він не до електронних, а до більш повільних йонних процесів і тому діє повільніше; - саме такі, в основному протонні, польові ефекти, відіграють головну роль в управлінні метаболічними реакціями і зумовлюють їх самоорганізацію у контур, названий нами контуром мембранної магнітоелектрохімічної генерації біострумів (у автора -біо-ЕХГ); - у мембранах управління метаболічними реакціями і їх самоорганізація в контур мембранної електрохімічної генерації біострумів відбувається завдяки так званим протонним, польовим ефектами; - протонні, польові ефекти - це рухлива ділянка просторового заряду, із якої

переміщується зона реакційної здатності, утворена протонами в електроді, в якості якої виступає ділянка біологічної мембрани.

Механізм виникнення протонних польових ефектів у біологічних мембранах наступний: На відміну від металів в енергетичній структурі напівпровідників (до них відносяться всі конденсовані речовини і середовища окрім чистих металів, у тому числі й органічні речовини мембран живих біологічних систем) є зона заборонених енергетичних станів, яку повинні долати електрони, щоб взяти участь у електродних процесах. Електрони при збільшенні власної енергії, набутої від зовнішнього енергезуючого фактору, переміщуються із більш електропозитивної (валентної) зони напівпровідника у більш електронегативну його зону (провідності) і прискорюють катодні реакції, а «дірки»/електропозитивні стани, що залишились від них у валентній зоні, прискорюють анодні реакції.

Принцип управління струмоутворюючими анодними реакціями за допомогою катодних реакцій через протонні польові ефекти: - протони в анодній реакції є її продуктом і тому гальмують її спочатку за лінійним законом, а потім - більш різко, як інгібітор (тобто діють за принципом нелінійної негативного зворотного зв'язку); - ці протони, що поставляються дифузиею до катода, збуджують катодну реакцію, діючи спочатку лінійно як реагент, а потім більш різко, як каталізатор (тобто за принципом нелінійного позитивного прямого зв'язку); - іони гідроксилу, що утворюються з цієї реакції, інгібують її, але каталізують, в свою чергу, анодну реакцію, діючи на неї нелінійно (тобто за принципами негативного зворотного і позитивного прямого зв'язків): - здійснюючи переміщення в одному напрямку по біомембрані між анодом і катодом за градієнтом своєї концентрації, протони організовують односпрямовану у часі і просторі попереминову роботу анода і катода - тобто створюють змінний електричний струм; - на відміну від технічних електрохімічних генераторів, де анодний і катодний реакції йдуть на різних, розділених електролітом електродах, у живій біологічній системі обидві ці реакції відбуваються на загальній для них біомембрані клітин; обидві реакції пов'язують один з одним протони й іони гідроксилу, що переміщуються при цьому. Таким чином, виникає самоорганізований анодно-катодний контур, який діє мимовільно, ритмічно та односпрямовано у часі і просторі, генеруючи у такий спосіб змінний струм. Його ритм зберігає гомеостаз параметрів цього біологічного контуру генерації струму, його адаптацію до зовнішніх впливів і інші, притаманні живій біологічній системі унікальні властиві.

- Біологічний магнітоелектрохімічний мембранний генератор має ряд відмінних властивостей [47-52]:
- Модель біологічного магнітоелектрохімічного мембранного генератора адекватно пояснює механізм енергозабезпечення клітинного метаболізму.

- Оскільки біологічні мембрани є напівпровідниками, то характерний неспецифічний електрохімічний відгук на будь-які дії, що змінюють електронну провідність тканин живого.
- Відомі магнітоелектричні закономірності отримання і передачі нервових імпульсів від рецепторів до тканин-мішеней також можуть бути пояснені механізмом генерації біострумів згідно моделі біологічного магнітоелектрохімічного мембранного генератора із тією відмінністю, що нейрони виробляють більшу кількість біоструму при тих же якісних умовах в наслідок іншого біологічного призначення клітин, відповідно інших квантово-механічних параметрів їх будови і функціонування (здатність до збору і передачі інформації у вигляді частотних електричних імпульсів на відстані і відповідно витягнута форма з дендритами на кінці, посилення захисної ліпідної електроізоляції з перехопленнями Ранвье для підживлення енергією сигналу, що передається на відстань і передача даних про його силі через частоту в пакеті імпульсів/солітонах).
- Біологічний магнітоелектрохімічний мембранний генератор має енергетичні переваги перед технічним генератором, винайденим людиною: - у клітині, що нормально функціонує, всі необхідні компоненти реакцій завжди є в достатній кількості, їх доставка до «електродів» (певних ділянок мембрани) і відведення продуктів відбуваються поперемінно і мимовільно шляхом дифузії та у «міжтактний» час (наприклад, у технічних генераторів для всіх цих процесів використовуються додаткові «пристосування», що знижує їх коефіцієнт корисної дії).
- Стійкість ритмів біологічного магнітоелектрохімічного мембранного генератора служить показником працездатності (стійкості й адаптованості) живої клітини до зовнішніх впливів, оскільки залежить не стільки від потужності електрохімічних реакцій, що відбуваються на мембранах, а від дії мало енергоємних факторів, які сполучають ці процеси - каталітичної дії і швидкості переміщення протонів у біомембрані; зазначене інтегративно відображається частотою змінного струму, що генерується (наприклад, від впливу гомеопатичних доз електроактивних речовин на каталітичну дію і перенесення протонів у біомембрані і на будь-які інші зовнішні впливи, тощо).

- Процеси генерації біологічного струму мембранами можуть бути прискорені або сповільнені в межах гомеостазу: теоретично, якщо біологічна мембрана клітини піддається дії фактору, що вимагає зміни енергетичних умов, то магнітоелектрохімічний мембранний генератор, будучи по суті комплексом перебігу реакцій в певних ділянках мембрани, може перебудуватись у інший контур, аналогічний, але енергетично більш вигідний, самоорганізований, стійкий і відповідний до нових умов.

- Теоретично безліч електронно-протонних контурів клітин здатні до самоорганізації та об'єднання через свої протонні шари просторового заряду у більші функціональні структури для виконання певних або колективних функцій тканини органу, якому вони належать (наприклад, пейсмерні клітини в тканини серця, тощо) [48, 52].
- Згідно із універсальними механізмами онто- і філогенезу самозбірка із безлічі різноманітних магнітоелектрохімічних контурів клітин може створювати різні конструкції живих біологічних систем із ієрархічними зв'язками і фрактальними законами їх роботи [48, 52].

Наведена перспективна модель біологічного магнітоелектрохімічного мембранного генератора здатна вирішити так звану «кризу енергозабезпечення роботи мембран і мембранних помп» і адекватно пояснити можливий шлях надходження енергії. У той самий час вона ніяким чином не суперечить наявності так званих мембранних помп, а навпаки здатна адекватно доповнити існуючу мембранну теорію.

Універсальність, логічність і простота кібернетичних підходів схеми, що була використана авторами моделі біологічного магнітоелектрохімічного мембранного генератора, дозволяє використовувати її для пояснення принципів автономної роботи не лише клітинного, але і генетичного, й організменого рівнів організації людини.

Висновки з позиції системної медицини.

Викладена у главі 4 адаптована теоретизація матеріалу щодо клітинного рівня електромагнітної організації живих біологічних систем стала підставою для визначення наступних парадигмальнотрансформуючих постулатів у межах формулювання магнітоелектрохімічної теорії обміну речовин. При цьому, оскільки початкові квантово-механічні особливості речовин обумовлюють подальші магнітні й електростатичні якості молекул тканин, і всі живі біологічні системи, включаючи людський організм, проявляють властивості корпускулярно-хвильового дуалізму та модельно на молекулярному рівні можуть бути представлені у вигляді результуючих інтерферентних електромагнітних хвильових пакетів, у вузлах яких знаходяться атоми, які являються джерелом хвильової генерації, що і зумовлює наявність у них хвильових характеристик структур на макрорівні організації [як було зазначено у висновках попередніх глав], тому відповідно до квантово-механічних поглядів і Теорії фізики живого (С.П. Сітько) можна стверджувати наступне:

- 1) Кожна клітина живої біологічної системи являється джерелом електромагнітних коливань і комплексом хвильових функцій, параметри яких визначаються частотно-хвильовою основою структурних і метаболічних процесів, які відбуваються у ній.
- 2) Клітина [і відповідно утворені клітинами тканини] живих біологічних систем - це підсумкові інтерферентні електромагнітні хвильові пакети, які мають видову постійну частоту за умови нормального перебігу метаболічних/енергетичних процесів.
- 3) Клітина [і відповідно утворені клітинами тканини] живих біологічних організмів, включаючи людину, є наступними ієрархічними системами із періодичним зв'язком, самоузгодженою морфологічною структурою організації, які в силу своєї осциляторної активності створюють власну польову суперпозицію/поле/матрицю і цією суперпозицією підтримуються.
- 4) Частота функціонально здорової клітини і/або тканини є досить стійкою видовою характеристикою для одноклітинних і найпростіших організмів, вірусів,

пріонів, а також тканин живого біологічного організму, який функціонує в основному стані/коридорі норми, тобто є здоровим.

5) Електромагнітні поля клітини [і відповідно утворених клітинами тканин] живих біологічних організмів, включаючи людину, мають міліметровий діапазон довжин хвиль із частотою 10^{10} - 10^{11} Гц і є як квантово-механічним результатом електромагнітної енергетичної взаємодії, так і основою, що забезпечує реалізацію феномена життя; при цьому ці поля виконують функцію електромагнітного «макету/каркасу» живої біологічної системи, якій визначає її морфологічні ознаки.

6) Кожна самостійно функціонуюча клітина [і любий живий об'єкт - тканина, орган, організм] являється цілісною квантово-механічною системою, макроскопічний самоузгоджений потенціал якої формується відповідно до геному за лазерним типом у міліметровому діапазоні електромагнітних хвиль за рахунок електромагнітної активності клітинних мембран.

7) Електромагнітна активність клітинної мембрани дозволяє розглядати її [мембрану] як растрову топологічну решітку, яка визначає частотний діапазон резонансу із випромінюванням у навколишні середовища - середовище організму і назовні.

8) Для мікрохвильового діапазону довжин хвиль (30-300ГГц) спостерігаються резонансні поглинання випромінювання на низці частот у дуже вузькому діапазоні (частки відсотка діапазону частот поглинання), що пояснюється властивостями клітинних мембран, які мають частоту власних коливань у діапазоні від 10^{10} - 10^{11} Гц.

9) Інформаційно-енергетичні процеси клітинної феноменології життєдіяльності є нетепловими, а оптичними, оскільки знаходяться у так званому біологічному діапазоні (від 10^{14} Гц і нижче), представлені фотонами/солітонами Давидова із довжиною хвилі >1 мкм до 0 і енергією $<0,5$ eV і до 0, збігаються із цією областю електромагнітного спектра Сонця і значно нижче рівнів енергій іонізації і збудження атомів і молекул.

10) Біологічний діапазон ($0 < \nu < 10^{14}$ Гц) включає п'ять піддіапазонів, які відрізняються біологічними мішенями дії електромагнітного поля: терагерцовий діапазон, НВЧ-діапазон, мегагерцевий діапазон, кілогерцевий діапазон, низькочастотний діапазон.

11) Управління та взаємодія між клітинами [і утвореними ними тканинами] у живих біологічних системах відбувається за допомогою ланцюгових реакцій, ініційованих фотонами квантами взаємодії.

Зазначене відображає той факт, що структура і функціонування клітинного рівня і наступних ієрархічних рівнів організації живих біологічних систем різного рівня складності, включаючи людський організм зумовлені і реалізуються за рахунок перебігу магнітоелектричних процесів. При цьому енергозабезпечення і системна взаємодія між клітинами також мають електромагнітну основу на клітинному рівні організації живих біологічних систем різного рівня складності, включаючи людину, і ключове значення у цих процесах набуває саме біологічна мембрана, оскільки:

12) біологічна мембрана - це структурне динамічне утворення із характерними магнітоелектрохімічними особливостями квантово-механічної організації напівпровідникової гетероструктури, що проявляє властивості напівпровідників, здатність до мембранної електрохімічної генерації біострумів і відіграє ключову роль у безпосередньому енергетичному забезпеченні клітини [й відповідно більш високих ієрархічних структур живих біологічних систем - тканин, органів, організму].

Відповідно до системно-аналітичних підходів виявлено перспективну модель механізму універсальної магнітоелектрохімічної мембранної генерації, яка здатна вирішити так звану «кризу енергозабезпечення роботи мембран і мембранних pomp» та адекватно пояснити можливий шлях надходження достатньої кількості енергії - контур мембранної магнітоелектрохімічної генерації біострумів А.І. Оше:

- сутність ідеї: енергоживлення живих біологічних систем забезпечується електрохімічними процесами на їх мембранах шляхом реакцій анодного окислення продуктів травлення (паливо) і

катодного відновлення кисню (окиснювач), принцип чого є подібним до технічного контуру генерації струму;

- модель Оше представляє собою універсальний алгоритм пояснення механізму появи феномену електромагнетизму у живих біологічних системах як результату виникнення і перебігу в їх мембранах змінного струму внаслідок односпрямованого руху протонів у біомембрані у так званому самоорганізованому катодно-анодному контурі/контурі мембранної магнітоелектрохімічної генерації біострумів, який являє собою об'єднання двох протилежно спрямованих процесів - струмоутворюючих анодної і катодної реакції, керованих через протонні польові ефекти (іонні процеси).

Таким чином обмін речовин живих біологічних систем різного рівня складності, включаючи людину, що забезпечує енергоживлення на клітинному рівні і реалізацію інших функцій живих біологічних систем, обумовлюється магнітоелектрохімічним збудження мембран клітин і появою у них біострумів.

Викладене пояснює фундаментальну універсальну магнітоелектрохімічну сутність реалізації феномену біологічного життя на клітинному рівні існування живих біологічних систем різного рівня складності, включаючи людину. З позицій системної медицини можна вважати правомірним і таким, що має принципове значення для подальшого розвитку та формування загальномедичної думки:

- Перспективною універсальною моделлю механізму магнітоелектрохімічної активності біологічних мембран являється контур мембранної магнітоелектрохімічної генерації біострумів А.І. Оше, який здатний адекватно пояснити можливий шлях надходження достатньої кількості енергії до клітини.
- Обмін речовин, що забезпечує енергоживлення живих біологічних систем різного рівня складності, так і всі інші характеристики функцій живих організмів, обумовлені властивостями і особливостями магнітоелектрохімічних процесів, що відбуваються у них на клітинному рівні та обумовлюють магнітоелектрохімічне збудження мембран клітин та появу в них біострумів.
- Клітини [і відповідно утворені клітинами тканини, органи, організми] живих біологічних систем, включаючи

людину, являються наступними ієрархічними цілісними квантово-механічними системами із періодичним зв'язком, самоузгодженою морфологічною структурою організації, які в силу своєї осциляторної активності створюють власну польову суперпозицію/поле/матрицю у міліметровому діапазоні довжин хвиль із частотою 10^{10} - 10^{11} Гц як квантово-механічного результат електромагнітної енергетичної взаємодії, підтримуються цією суперпозицією; при цьому інформаційно-енергетичні процеси клітинної феноменології життєдіяльності знаходяться у біологічному діапазоні (від 10^{14} Гц і нижче), є оптичними, представлені фотонами/солітонами Давидова із довжиною хвилі >1 мкм до 0 і енергією $<0,5$ еВ і до 0, збігаються із оптичною областю електромагнітного спектра Сонця і значно нижчі, ніж рівні енергій іонізації й збудження атомів і молекул.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Андреев Е.А., Белый М.У., Ситько С.П. Проявление собственных характеристических частот человеческого организма: док. АН УССР. сер. Б. 1984. №10. С. 60-63.
2. Антонов В.Ф. Липидные поры: стабильность и проницаемость мембран. *Соросовский образовательный журнал*. 1998. №10. С. 10-17.
3. Барановский В. Квантовая механика и квантовая химия. Москва: Academia, 2008. 384 с.
4. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. СПб: ООО Росток, 2002. 352 с.
5. Белинцев Б. Н. Физические основы биологического формообразования. Москва «Наука», Главная редакция физ. мат. литературы, 1991. С. 252.
6. Бецкий О.В., Кислов В.В., Лебедева Н.Н. Миллиметровые волны и живые системы. Москва: Сайнс пресс, 2004. 271 с.
7. Бинги В.Н. Принципы электромагнитной биофизики. Москва: Физматлит, 2011. 592 с.
8. Биоэлектрогенез. Курс лекций. Факультет фундаментальной медицины Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.
URL
http://fbm.msu.ru/education/lectures/biophys/pdf/11_Биоэлектрогенез.pdf
9. Блюменфельд Л.А., Бендерский В.А. Магнитные и диэлектрические свойства высокоупорядоченных макромолекулярных структур. *ДАН*. 1960. Т. 133, № 6. С. 1431–1454.
10. Блюменфельд Л.А., Бендерский В.А., Калмансон А.Э. О возможности различных объяснений аномальных магнитных свойств макромолекулярных соединений. *Биофизика*. 1961. Т. 4, №6. С. 631-637.
11. Бойко В.В., Красноголовец М.А. Квантово-биологическая теория. Харьков: Факт, 2003. 967 с.
12. Браун Г., Уолкен Дж. Жидкие кристаллы и биологические структуры. Москва: Мир, 1982. 198 с.

13. Варехов А.Г. Электропроводность и полупроводниковые параметры биологических мембран. *Научное приборостроение*. 2016, Т. 26, №3. С. 15-23.
14. Витковская Н.М., Пупышев В.И. Квантовая химия В: Современное естествознание: Энциклопедия: В 10 т. Москва: Флинта: Наука, 1999-2000. Т.1. Физическая химия 328 с.
15. Владимиров Ю.А. Биологические мембраны и незапрограммированная смерть клетки. *Соросовский образовательный журнал*. 2000. Том 6. №9. С. 2-9.
16. Владимиров Ю.А., Парнев О.М., Черемисина З.П. Электрическая прочность мембран митохондрий. *Биол. мембраны*. 1984. Т. 1, № 4. С. 428-434.
17. Галль Л.Н. Биоэнергетика - магия жизни. Санкт-Петербург: Астрель, 2010. 349 с.
18. Галль Л.Н. В мире сверхслабых. Нелинейная квантовая биоэнергетика: новый взгляд на природу жизни. Москва, 2009. 317 с.
19. Галль Л.Н. Материя и жизнь. Санкт-Петербург: ООО «Торгово-издательский дом «Амфора», 2015. 319 с.
20. Галль Л.Н. Физические принципы функционирования материи живого организма. Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического ун-та, 2014. 399 с.
21. Галль Л.Н., Галль Н.Р. Коллективные процессы в биомолекулярных системах. *Научно-технические ведомости СПбГПУ*. 2010. №2. С. 141-151.
22. Галль Л.Н., Галль Н.Р. Механизм межмолекулярной передачи энергии и восприятия сверхслабых воздействий химическими и биологическими системами. *Биофизика*. 2009. № 3(54). С. 563-574.
23. Галль Л.Н., Галль Н.Р. Новый подход к проблеме биоэнергетики — новые методы исследований в науках о жизни. *Науч. приборостр.* 2008. № 2(18). С. 52-60.
24. Гордиенко Е.А., Товстяк В.В., Сведенцов Е.П. и др. Биофизика клеточных мембран. Сыктывкар, 2009. 304 с.
25. Гурвич А.Г. Избранные труды. Москва: Медицина, 1977. 352 с.
26. Гурвич А.Г. Принципы аналитической биологии и теории клеточных полей. Москва: Наука, 1990. 122 с.
27. Гурвич А.Г., Гурвич Л.Д. Введение в учение о митогенезе. Москва: Изд. АМН СССР, 1948. 115 с.
28. Давыдов А.С. Солитоны в молекулярных системах. Киев: Наукова думка, 1984. 288 с.
29. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. Москва: Радио и связь, 1991. 169 с.
30. Добронравова І.С. Квантова медицина. Енциклопедія Сучасної України: електронна версія. Гол. редкол.: І.М. Дзюба, А.І. Жуковський,

- М.Г. Железняк та ін.; НАН України, НТШ. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2012. URL: http://esu.com.ua/search_articles.php?id=11527
31. Зайденман И.А., Оше А.И., Урусов К.Х. Биомембранный генератор. *Биофизика*. 1991. Т.36. №3. С. 455-458.
 32. Каграманов Г.Г. Диффузионные мембранные процессы: учебное пособие. Москва: РХТУ им. Менделеева, 2009. 73 с.
 33. Рубин А. Б. Биофизика: в 2-х кн.: учеб. для биол. спец. вузов. Кн. 2. Биофизика клеточных процессов. Москва: Высш.шк., 1987. 303 с.
 34. Климов В.В. Наноплазмоника. Москва: Физматлит, 2009. 480 с.
 35. Кузнецов А.А. Биофизические основы живых систем: учеб. пособие / Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2015. 112 с.
 36. Кузнецов, А.А. Биофизика. Молекулярная биофизика. Биофизика клеточных процессов. Механизмы межклеточных взаимодействий: учеб. пособие Владим. гос. ун-т. Владимир, 2000. 103 с.
 37. Кузнецов, А.А. Биофизические основы живых систем: учеб. пособие / Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2015. 112 с.
 38. Лехтлаан Н.П., Цыганков А.И., Галль Л.Н. Инициирование и ингибирование роста бактерий под действием воды, активированной сверхслабым ЭМП с частотой 4 Гц. Труды 6-го Конгресса «ССПИБМ». Санкт-Петербург, 2012. 46 с.
 39. Линг Г. Физическая теория живой клетки: незамеченная революция. Санкт-Петербург: Наука, 2008. 376 с.
 40. Лобкаева Е.П. Теоретическое обоснование подбора параметров импульсного магнитного поля для достижения стойкого терапевтического эффекта. *Биомедицинские технологии и радиоэлектроника*. 2006. №1-2. С 12-20.
 41. Лошицкий П.П. Взаимодействие биологических объектов с физическими факторами. Киев: Из-во: Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт", 2009. 272 с.
 42. Лошицкий, П., Минзьяк, Д. Исследование возможности использования электромагнитного излучения миллиметрового диапазона длин волн для дистанционного контроля свойств водных растворов. *Радиотехника*. 2012. №3(170). С. 10-115. URL: <http://rt.nure.ua/article/view/174968>
 43. Мінцер О.П., Заліський В.М. Системна біомедицина. Т.1: Концептуалізація. Київ: Інтерсервіс, 2019. 549 с.
 44. Москаленко В.Ф., Сітько С.П., Горбань Є.М., Грубник Б.П., Яненко О.П. Квантова медицина: від фундаментальних основ до практичного використання. *Український медичний часопис*. 2002. №2 (28). С 106-109.

45. Основные механизмы повреждения клеток: учебное пособие для самостоятельной работы студентов медицинских вузов. Москва: ФГБОУ ВО РНИМУ имени Н. И. Пирогова, 2016. 55 с.
46. Оше А.И. Полупроводниковый механизм саморегуляции метаболизма. 2 Всесоюзной конференции. *Необратимая термодинамика*: тезы Т.2. Черновцы. 1984. С.323-327.
47. Оше А.И. Электрохимическая модель процессов в живых системах. *Современные проблемы изучения и сохранения биосферы*. 1992. Санкт-Петербург: Гидрометиздат. Т.2. С.217-227.
48. Оше А.И., Оше Е.К., Пинигин С. А. Квантование энергий и дискретность эволюции в природе. *Доклады МОИП*. Т. 44. С. 62-69.
49. Оше А.И., Капустина Н.И. Электрохимическая самоорганизация как системная основа живого. *Гипотеза*. 1992. № 1. С. 34-44.
50. Оше А.И., Капустина Н.И., Оше Е.К. Самоорганизация энергетики в живых системах. *Математические методы анализа цикличности*. 2008. ГЕОС. Т.14. С.185-191.
51. Оше А.И., Урусов К.Х. Электрохимическая модель метаболизма. *Электромагнитные поля в биосфере*. Т.2. Москва: Наука, 1984. С.133-144.
52. Панов М. Ф., Соломонов А. В., Филатов Ю. В. Физические основы интегральной оптики. Москва: Академия, 2010. 432 с.
53. Панова Е.В. Техногенное воздействие и составляющие экосистемы. *Екологічна безпека та природокористування*. 2010. №6. С. 66-76.
54. Панова Т.В., Геринг Г.И. Физика конденсированного состояния вещества: учебное пособие. Омск: Омск. гос. ун-т, 2008. 101 с.
55. Петросян В.И., Синицын Н.И., Елкин В.А. Девятков Н.Д., Гуляев Ю.В. и др. Роль резонансных молекулярно-волновых процессов в природе и их использование для контроля и коррекции соответствия экологических систем. *Биомедицинская радиоэлектроника*. 2001. №5-6. С. 62-129.
56. Полинг Л. Общая химия. Москва: Мир, 1974. 846 с.
57. Потяженко М.М., Невойт А.В. Энергетическая система человека в свете современных физико-биологических знаний, концепций, гипотез. *Український медичний часопис*. 2019. №4. Т.2. С. 24-29.
58. Пучкова Т.В., Путвинский А.В., Владимиров Ю.А. Снижение электрической прочности как основной механизм нарушения барьерной функции биомембран. *Докл. АН СССР*. 1983. Т. 270, № 6. С. 1489-1492.
59. Романов С.Н. Биологическое действие механических колебаний. Л., 1983. 213 с.
60. Самойлов В.О. Медицинская биофизика. СанктПетербург: СпецЛит, 2013. 591 с.
61. Семихина Л.П. Диэлектрические и магнитные свойства воды в водных растворах и биообъектах в слабых электромагнитных полях. Тюмень: ТюмГУ, 2006. 164 с.

62. Сент-Дьєрди А. Биозлектроника. Исследование в области клеточной регуляции, защитных механизмов и рака. Москва: Мир, 1971. 80 с.
63. Сидоров А.И. Основы физики и оптики твердых тел: уч. пособ. СПб.: ФГБОУВПО «СПб НИУ ИТМО», 2012. 120 с.
64. Сидоров А.И. Основы фотоники: физические принципы и методы преобразования оптических сигналов в устройствах фотоники: учебное пособие. СПб.: ФГБОУ ВПО «СПб НИУ ИТМО», 2014. 148 с.
65. Ситько С. П., Скрипник Ю. А., Яненко А. Ф. Аппаратурное обеспечение современных технологий квантовой медицины. Киев: ФАДА, ЛТД, 1999. 200 с.
66. Ситько С.П. Жизнь как четвертый уровень квантовой организации природы. *Биомедицинские технологии и электроника*. №1, 2007. С. 39-50 URL: <http://www.sergiysitko.org.ua>
67. Ситько С.П. Живое как предмет фундаментальной науки. в книге «Наука и социальная картина мира», посвященной 80-летию академика В.С.Степина. Москва: Альфа – М, 2014. 767с. С.280-284.
68. Ситько С.П. Жизнь в фундаментальных представлениях физики живого. Лекция, прочитанная в Волынском национальном университете имени Леси Украинки. 10.02.2012. Луцк, 2012. 21с. URL: <http://www.sergiysitko.org.ua>
69. Ситько С.П., Мкртчян Л.Н. Введение в квантовую медицину. Киев: Паттерн, 1994. 144 с.
70. Ситько С.П., Цвилий В.П. Электродинамическая модель электромагнитного каркаса человеческого организма. *Физика живого*. Т.5, № 1. 1997. С. 5-8.
71. Ситько С.П., Яненко А.Ф. Прямая регистрация неравновесного электромагнитного излучения человека в мм-диапазоне. *Физика живого*. 1997. №2. 60 с.
72. Скулачев В.П. Энергетика биологических мембран. Москва: Наука, 1989. 564 с.
73. Слесарев В.И. Химия. Основы химии живого: учебник для вузов. СПб.: Химиздат, 2000. 768 с
74. Тамбиев А.Х., Кирикова Н.Н., Бецкий О.В., Гуляев Ю.В. Миллиметровые волны и фотосинтезирующие организмы / под редакцией академика РАН Ю.В. Гуляева и профессора А.Х. Тамбиева. Москва: Радиотехника, 2003. 175 с.
75. Трошин А.С. Проблема клеточной проницаемости. М.-Л.: АН СССР, 1956. 474 с.
76. Тюшев А.Н. Физика в конспективном изложении. Часть 3. Основы молекулярной физики и термодинамики. Квантовая физика. URL: <https://www.twirpx.com/file/599159/>
77. Урусов К.Х., Мишина М.И., Лотменцева Т.Н., Оше А.И. Биопотенциалометр БПМ-01 и БПМ-02. Всес. Конф. по электрохимии. 1982. Т.3. С. 324.

78. Финогенова О.А., Тимофеева Л.М., Ермаков Ю.А. Электростатические эффекты при адсорбции и десорбции поликатионов на поверхности липидных мембран разного состава. III Международная конференция по коллоидной химии и физико-химической механике. Москва. 2008. С. 29 (ВР06).
79. Финогенова О.А., Филинский Д.В., Ермаков Ю.А. Электростатические эффекты при адсорбции и десорбции полилизиннов на поверхности липидных мембран разного состава. *Биологические мембраны*. 2008. Т. 25 (3). С. 217-226.
80. Хабердитц В. Строение материи и химическая связь / пер. с нем. Москва: Мир, 1974. 296 с.
81. Цаплин А.И. Фотоника и оптоинформатика. Введение в специальность: учеб. пособие. Пермь: Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. 399 с.
82. Цирельсон В.Г. Квантовая химия. Москва: Бинном, 2015. 496 с.
83. Chen, C. et al. Bio-inspired nanocomposite membranes for osmotic energy harvesting. 2019. *Joule* Published online December 18, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.11.010>.
84. Feng J. et al. Single-layer MoS₂ nanopores as nanopower generators. *Nature*. 2016. V. 536, P. 197-200.
85. Frohlich H. Advances in electronics and electron physics. *Ed. L. Marton*. 1980. V. 53. P. 85.
86. Frohlich H. Long-ranch coherence and energy storage in biological systems. *Int. J. Quantum. Chem.* 1968. V. 2, No. 3. P. 641-649.
87. Gartner L.P. BRS Cell Biology and Histology. Lippincott and Wilkins. 2018. 448 p.
88. Guo W. et al. Energy harvesting with single-ion-selective nanopores: a concentration-gradient-driven nanofluidic power source. *Adv. Funct. Mater.* 2010. V. 20. P. 1339-1344.
89. Ince C. Introduction to the membrane electrophysiology of mononuclear phagocytes. In: van Furth R. (eds) *Mononuclear Phagocytes*. Dordrecht. Springer, 1985. URL: https://doi.org/10.1007/978-94-009-5020-7_38
90. Karp G., Iwasa J., Marsall W. Karp's Cell Biology Global Edition. John Wiley & Sons. 2018. 880 p.
91. Kierszenbaum A.L., Tres L. *Histology and Cell Biology: An Introduction to Pathology*, 5th Edition. Elsevier, 2019. 824 p.
92. Logan B.E. et al. Membrane-based processes for sustainable power generation using water. *Nature*. 2012. V. 488. P. 313-319.
93. *Medical physiology: a cellular and molecular approach* /edited by W.F. Boron, E.L. Boulpaep 2016. 1312 p.
94. Mei, Y. et al. Recent developments and future perspectives of reverse electro dialysis technology: a review. *Desalination*. 2018. N. 425. P. 156-174.
95. Mintser O.P., Potiazhenko M.M., Nevoit G.V. Evaluation of the human bioelectromagnetic field in medicine: the development of methodology and

- prospects are at the present scientific stage. *Wiadomości Lekarskie*. 2019. V.5(II). P. 1117-1121.
96. Mintser O.P., Semenets V.V., Potiazhenko M.M., Podpruzhnykov P.M., Nevoit G.V. The study of the electromagnetic component of the human body as a diagnostic indicator in the examination of patients with Non-communicable diseases: problem statement. *Wiadomości Lekarskie*. 2020. V. 6 (73). P. 1279-1283.
97. Mintser O., Stryzhak O., Denysenko S. Use of principles of medical ontology for construction of scenario models of post-graduate education of doctors and pharmacists. *Medical Informatics and Engineering*. 2013. DOI:10.11603/MIE.1996-1960.2013.2.1701
98. Pattle R.E. Production of electric power by mixing fresh and salt water in the hydroelectric pile. *Nature*. 1954. N. 174. P. 660.
99. Pollard T.D., Earnshaw W.C., Lippincott-Schwartz J., Johnson G. *Cell Biology*. 3th Edition Elsevier. 2017. 928 p.
100. Ramon G.Z., Feinberg B.J., Hoek E. M.V. Membrane-based production of salinity-gradient power. *Energy Environ. Sci*. 2011. N. 4. P. 4423-4434.
101. Schrödinger E. *What is the Life? The Physical Aspect of the Living Cell*. Cambridge: University Press, 1944. 184 p.
102. Siria, A. et al. New avenues for the large-scale harvesting of blue energy. *Nat. Rev. Chem*. 2017. V. 1. P. 91
103. Sit`ko S.P. Life as a Fourth level of Quantum Organization of Nature. Energy and Information Transfer in Biological Systems: Proceeding of the International Workshop. Acireale, Catania, Italy, 18–22 September 2002, World Scientific, New Jersey – London – Singapore – Hong Kong, p. 358 (p. 293-307).
104. Sit`ko S.P., Gizko V. V. Towards a Quantum Physics of the Living State. *Journal of Biological Physic*. V. 18, No. 1 (1991), P. 1-10.
105. Sitko S.P. The Realization of Genome in the Notions of Physics of the Alive. "Medical Data" *Medical Review*. 2012. V. 4, N. 2, P. 207-216. URL: <http://www.md-medicaldata.com>
106. Skilhagen, S. E. Osmotic power - a new, renewable energy source. *Desalin. Water Treat*. 2010. N. 15. P. 271-278.
107. Xin W., Zhang Z., Huang X., Hu Y., Zhou T., Zhu C, Kong, L. Jiang X.-Y., Wen L. High-performance silkbased hybrid membranes employed for osmotic energy conversion. *Nature Communications*. 2019. N. 10. 3876 p. DOI: <https://www.nature.com/articles/s41467-019-11792-8>
108. Yamada Y., Kitazumi Y., Kano K., Shirai O. Construction of a Liquid Membrane Cell for Power Generation Based on Salinity Gradient Energy Conversion. *Chemistry Letters*. V. 49, Iss. 9. DOI: <https://doi.org/10.1246/cl.200376>
109. Yip N.Y. et al. Salinity gradients for sustainable energy: primer, progress, and prospects. *Environ. Sci. Technol*. 2016. N. 50. P. 12072-12094.

110. Yip N.Y., Elimelech M. Thermodynamic and energy efficiency analysis of power generation from natural salinity gradients by pressure retarded osmosis. *Environ. Sci. Technol.* 2012. N. 46. P. 5230-5239.
111. Zhang, Z. et al. Bioinspired smart asymmetric nanochannel membranes. *Chem. Soc. Rev.* 2018. N. 47. P. 322-356.

ПІСЛЯМОВА ДО ТОМУ 1.

До питання трансформації наукової парадигми з позицій магнітоелектрохімічної теорії обміну речовин. Поняття про системний інформаційно-енергетичний процес

У першому томі монографії було викладено фундаментальні дані, які дозволили ще раз висвітлити питання як влаштована речовина на субатомарному, атомарному та молекулярному рівнях із позиції системності у адаптованому варіанті для спеціалістів медичної галузі, біологів. При цьому вперше в аспекті системної медицини було зроблено спробу фундаментального аналітично-систематичного узагальнення із екстраполяцією даних сучасних поглядів, у тому числі в аспекті квантової фізики, саме на організм людини. За результатами проведеного теоретичного дослідження і систематизації наукових даних у межах концепції системної медицини було зроблено ряд принципово важливих висновків, які об'єднуються єдиною головною ідеєю, що сучасний рівень розвитку фундаментальної науки дозволяє розглядати організм людини як складну ієрархічну квантову систему. Зазначене вже є цілком науково обґрунтованим, сприйнятим фундаментальною наукою і медицині як трансдисциплінарній галузі, залишилось лише остаточно імплементувати зазначені ідеї в свою академічну систему.

Можна визначити наступну низку логічних послідовних принципових питань, що обумовлені ідеями магнітоелектрохімічної теорії обміну речовин і можуть виникати у лікарів у першу чергу:

- *Що можна розуміти під поняттям людина – це є «квантова система»?*

Говорячи звичайною мовою, розгляд людського організму як квантової системи передбачає першочергове усвідомлення таких двох основних моментів:

1) кожна субодиниця будови людського тіла відповідного ієрархічного рівня (атом, молекула, клітина, тканина, орган, організм) утворена із часток-«порцій» енергії, тобто квантів;

2) кожна субодиниця відповідного ієрархічного рівня (атом, молекула, клітина, тканина, орган, організм) підпорядковується фізичним законам, а саме водночас проявляє властивості і частки, і хвилі (принцип корпускулярно-хвильового дуалізму) та функціонує узгоджено відповідно низки універсальних механізмів, частина з яких описана вже квантовою фізикою у вигляді законів, теорій, рядом фундаментальних напрацювань інших наукових галузей, а інші поки що продовжують вивчатись [не все ще зрозуміло фундаментальній науці].

Тобто, якщо медицина раніше розглядала людський організм виключно, як конгломерат частинок, то зараз вже науково доведено, що вся матерія дуальна за своїми фізичними властивостями, і відповідно тепер зрозуміло, що людський організм також має хвильові/електромагнітні параметри й є варіантом складної квантової системи.

- *Яке значення для медицини може мати усвідомлення і сприйняття факту, того, що людина являється квантовою системою?*

Зазначене відкриває принципово новий етап для медицини як науки і як практичної галузі надання послуг по збереженню здоров'я людству, а саме:

1) Всі процеси, які відбуваються у людському організмі в нормі і при патології мають відповідний опис (квантову модель) та характеристики з позицій квантової фізики й енергетичних рівнів атомів та молекул, що приймають участь у обміні речовин. Подальше узагальнення і розуміння всіх компонентів та аспектів обміну енергетичними частинками (електронами, фотонами, солітонами і т.п.) може дати можливість медичній науці досягнути наступний за молекулярним рівень прояву патології, так би мовити, нанорівень етіопатогенезу захворювань – квантовий патогенез.

2) Всі фармакологічні препарати також дуальні за своїми властивостями, тобто як і вся матерія Всесвіту мають одночасно властивості частки і хвилі. Подальше узагальнення і розуміння хвильової компоненти їх дії, а також аспектів їх впливу на

енергетичний обмін (енергетичні рівні атомів, молекул, тощо) в тканинах організму людини може дати фармакології досягнути наступний за молекулярним рівень дії медикаментозних засобів, так би мовити, фармакологічний нанорівень – квантова фармакологія.

3) Розуміння організму як цілісної квантової системи за своєю суттю відкриває для лікарів і вчених принципово нові горизонти дослідження хвильових його проявів на різних рівнях ієрархічної будови із наступним виходом на нові аспекти лікування також. Тобто кожна субодинаця будови людського тіла відповідного ієрархічного рівня (атом, молекула, клітина, тканина, орган, організм) зв'язані в організмі людини шляхом обміну енергією у різних формах і різних її станах (наприклад, електронами, фотонами, солітонами, тощо), що на макрорівні знаходить відображення в появі фізичних полів, у першу чергу електромагнітних, та може бути узагальнено під поняттям «системний інформаційно-енергетичний процес».

- *Що означає з медичної точки зору поняття «системний інформаційно-енергетичний процес» по відношенню до людського організму?*

Зрозуміло, що «системний» означає такий процес, який пов'язує все у єдину цілісність в організмі людини. Енергетичний потік (електронів, фотонів, солітонів, тощо) завдяки різним параметрам хвильових функцій може переносити не лише енергію, але й інформацію. Оскільки на даний момент не має можливості обґрунтовано розмежувати з позицій доказовості процеси передачі енергії й інформації в організмі людини, то доречним буде саме термін «інформаційно-енергетичний».

- *Чи має медичне значення дослідження інформаційно-енергетичних процесів в організмі людини?*

Безперечно, що так. У здоровому організмі людини всі процеси функціонування на всіх ієрархічних рівнях його будови (атомарний, молекулярний, тканинний, органний, організмений) є збалансованими як за енергетичним компонентом обміну речовин, так і за інформаційним. Відповідно при виникненні захворювання буде мати місце розлад як інформаційних, так і енергетичних складових обміну речовин. Як наслідок в медицині сформується

розуміння, що всі клінічні симптоми, які реєструються при обстеженні хворих, мають свою квантово-механічну основу - тобто відповідний розлад стану обміну електронами, фотонами, солітонами, тощо, між молекулами відповідних клітин у тканинах органів. Відповідно до зазначеного, завданням медицини третього тисячоліття являється необхідність досягнути ці аспекти, розробити адекватну методологічну базу їх дослідження та запровадити у рутинне медичне обслуговування у якості діагностичних методик. Тобто доведений фундаментальною наукою факт наявності в організмі людини «системних інформаційно-енергетичних процесів» обумовлює актуальність подальшого вивчення їх клінічного значення, клінічних можливостей застосування в практичній ланці охорони здоров'я, а також створення на цій основі подальшого наукового теоретичного фундаменту з цієї проблематики.

- *Які на сьогоднішній день процеси в організмі людини можна віднести до системних інформаційно-енергетичних і що власне повинні досліджувати лікарі задля їх оцінки?*

Без сумніву до системних інформаційно-енергетичних процесів відносяться активність центральної і вегетативної нервової системи, а також система гуморальної регуляції із залученням гормональних органів та тканин людського організму. Фундаментальна наука і до сьогоднішнього дня продовжує вивчати їх діяльність, але робить це у значному відсотку випадків виключно виходячи із уявлень про них як суто фіксовані об'єкти фізичного світу, без урахування їх дуалізму і хвильової функції. Так досягнуті суттєві і навіть дуже суттєві успіхи з ідентифікації різних молекул, відповідних різним захворюванням, у тому числі патології нервової системи та обміну речовин. Але сам по собі цей науковий шлях буде неповним без дослідження квантово-механічних аспектів утворення даних молекул-«маркерів» в організмі людини і врахування саме квантово-механічних параметрів їх взаємодії. Фундаментальна наука третього тисячоліття існування нашої цивілізації повинна дати відповіді на такі питання: «які зміни електромагнітних параметрів призводять до надлишкового утворення саме таких молекул в людському організмі?», «які зміни системних інформаційно-енергетичних процесів відповідні тому або іншому захворюванню?» та «які саме

квантово-механічні особливості ключових молекул мають місце при цьому?», тощо. Тобто безперечно фундаментальна наука і системна медицина повинні рухатись у напрямку фундаментального розуміння функції і структури молекул, а це можливо виключно завдяки подальшому ототожнюванню їх структури й функції через вивчення їх електромагнітних параметрів та квантово-механічних моделей. Тобто дослідження, яке обмежене оцінкою біохімічних маркерів функціонування нервової й ендокринної системи, не являється повним і не є в повній мірі таким, що відображає їх функцію.

Більш наближеними саме до оцінки інформаційно-енергетичної складової функціонування органів і тканин людського організму можна вважати методи дослідження власне електричної та магнітної складових функціонування людського тіла. Це так, оскільки інформаційно-енергетичні процеси узагальнюються на клітинному рівні у появі феномену електромагнітної генерації мембран живих біологічних систем із виникненням електричного потенціалу, як було відзначено у главі 4 даної монографії. Зазначені електричні, і як згодом з'ясувалось, магнітні параметри, безпосередньо віддзеркалюють фундаментальні процеси метаболізму та функціонування клітини, як структурних компонентів людського тіла й можуть бути використані у якості діагностичних медичних ознак/симптомів.

Еволюція методології електромагнітних параметрів в організм людини була довгою, поетапною і відповідною рівню науково-технічного розвитку кожної епохи. Для того, щоб відповісти чому і як фундаментальна наука прийшла до висновку, що електромагнітні параметри складають основу системних інформаційно-енергетичних процесів в людському організмі необхідно дещо зупинитись на гносеології цього питання.

- *Оскільки знання електромагнітної сутності організації організму людини з'являлись поступово, то яка саме історія цього процесу і як розвивалась методологія їх реєстрації?*

Згідно проведених нами системних узагальнень було встановлено, що розробка методології оцінки біоелектромагнітного поля людського організму в напрямку додаткового синтезу наукових знань пройшла довгий шлях формування в межах існуючої доктрини

наукової медицини: 1) кумулятивний етап (XII-XVIII ст.), 2) кумулятивно-динамічний етап (XII-XX ст.), 3) сучасний етап (XXII ст.), 4) сучасний (перспективний) етап. До кінця XX століття періоди наукових досліджень в основному носили суто накопичувальний характер у науковому знанні, із дуже обмеженою інтеграцією в основну науку – це „кумулятивний період” та „кумулятивне-динамічний період” відповідно. У той же час, з XIII по XVIII століття, відбувалось накопичення суто емпіричних знань завдяки практичному застосуванню лікарями акупунктури та рефлексотерапії, але без прийняття теоретичних ідей давньої східної медицини. У XIX столітті наукове вивчення біоелектромагнітних явищ людини стало можливим після наукового відкриття електрики, винаходу методу електроакупунктури та можливості оцінки електропровідності тканин людини за допомогою гальванометра. За 200-річний період вчені світу досягли значного прогресу у розумінні електричної активності біологічних тканин. Багато вчених вивчали цю галузь науки. Адамсон (англ. *Adamson*, 1751) дослідив природу електричного розряду риби. Л. Гальвані (англ. *L. Galvani*, 1791, Італія) виявив існування "електрики тварин". А. Вольта (англ. *A. Volta*, Італія) був науковим опонентом Л. Гальвані і відкрив спосіб виробництва електроенергії. К. Маттеуччі (англ. *C. Matteucci*, 1811-1868, Італія) довів існування електричного явища у біологічних тканинах. Е.Дю Буа-Реймонд (англ. *E. Du Bois-Reymond*, 1848, Німеччина) став основоположником електрофізіології, ввів поняття "збудження" і "збудливі тканини". Дж. Бернштейн (англ. *J. Bernstein*, 1886, Німеччина) проаналізував форму потенціалу дії. Е.-Ж. Марей (англ. *E.-J. Marey*, 1875, Франція) використовував капілярний електрометр для реєстрації коливань потенціалів серця, що б'ється. Н. Є. Введенський (англ. *N. Ye. Vvedensky*, 1883, Росія) слухав ритмічні імпульси у нервово-м'язовому телефоні, Росія). В. Ейнтховен (англ. *W. Einthoven*, 1903, Голландія) створив електрокардіограф і став основоположником клінічної електрокардіографії, лауреатом Нобелівської премії. Важливо, що з кінця XVIII століття до першої половини XX століття науці вдалося накопичити значну теоретичну базу щодо електричної активності тканин людського тіла, і вона змогла надати їм відповідну наукову інтерпретацію, яка визначила можливість подальшого застосування електрографічних методів у медицині [2, 10, 13, 16, 21, 22, 25].

Методика оцінки біомагнітної складової людського організму мала більш складний розвиток. Першим методом реєстрації біомагнітного випромінювання людини було його фотографування в електричному полі, який відкрив Я. Наркевич-Йодко (англ. *Ya. Narkevich-Yodko*, 1899, Польща). Відкриття цього методу візуалізації біомагнітної складової організму не отримало у той час правильного фізичного пояснення його механізму через невідповідність фундаментального рівня фізико-біологічних знань того періоду. Аналогічним чином методика реєстрації біомагнітного поля шляхом фотографування в електричному полі, була повторно створена у 1949 році в ССРСР, потім відразу засекречена майже на десятиліття. Слід відзначити, що і на той час фундаментальна наука теоретично не була готова пояснити суть і генезис результатів цього дослідження - кірліанографії. Це знову ускладнило розвиток цього методу біомагнітної реєстрації людини. Багато вчених почали сприймати кірліанографію як псевдонауковий метод через нерозуміння сутності. У ХХ столітті даний спосіб реєстрації електромагнітного поля тіла був технічно вдосконалений, отримав всесвітнє поширення завдяки роботам К.Г. Короткова (англ. *K.G. Korotkov*, ССРСР-Росія) [16, 22, 24, 29, 41, 42].

Багато вчених світу зробили вагомий внесок у вивчення біоелектричних потенціалів людини у ХХ столітті, що знаходить відображення у відповідних оглядах і монографіях [13, 16].

Науковий прогрес другої половини ХХ століття призвів до значної динаміки досліджень біоенергетичної галузі, що було пов'язано з поглибленням фундаментальних знань та зростанням технічних можливостей. У 70-х роках ХХ століття створення магнітометричних приладів дозволило реєструвати магнітне поле у людини. З цього часу були розпочаті наукові дослідження біомагнітної складової людського тіла. Застосування ультрочутливих сенсор-градіометрів SQUID (у перекладі з англійської - надпровідний квантовий інтерференційний пристрій) у магнітометрах відкрило шлях до впровадження магнітографії в практичну медицину. Майже 60-річний досвід використання магнітокардіографії (МКГ) та 50-річний досвід використання магнітної енцефалографії (МЕГ) дали багато дослідницького матеріалу відносно характеристики біомагнітного компонента людського організму. Також були розроблені методи оцінки

біомагнітного поля поперечносмугастих м'язів, очей, шлунку. Врешті-решт, все це призвело до наукового розуміння того, що магнітографія та кірліанографія - це два різні способи об'єктивної фіксації біомагнітного поля людського тіла: реєстрація обладнання та фотовізуалізація відповідно. Нарешті, в кінці ХХ століття була встановлена фізична природа кірліанографії. Крім того, був розроблений більш досконалий метод реєстрації електромагнітної складової і відповідне обладнання для нього. Метод отримав нову назву «візуалізація газового розряду» [3, 20-22, 26].

У ХХ столітті морфологічне вивчення тканин людського тіла як субстрату біоелектромагнітної активності було продовжено одночасно із розробкою технологій реєстрації та оцінки біоелектромагнітного поля людського тіла. Вчені також займалися обґрунтуванням фізіологічних механізмів його виникнення. Л. Даніель і Г. Доусон (англ. *L. Danielle, G. Dowson*, 1935, Англія) розкрили принципи будови клітинних мембран та трансмембранного транспорту і була створена "сендвіч" модель будови мембран. С.Дж. Зінгер і Г.Л. Ніколсон (англ. *S.J.Singer, G.L.Nicolson*, 1972, США) розробили рідинно-мембранну модель структури мембрани. У цей період було проведено багато досліджень із вивчення електропровідності тканин людини: визначена електрична ємність та електричний опір клітинних мембран, визначена електрична неоднорідність поверхні шкіри та визначені біологічно активні точки (БАТ), їх біофізичні параметри, локалізація на тілі людини, морфологічні властивості, кровопостачання, іннервація, біохімія локусів БАТ [19, 25-27].

Інтерес медичних досліджень у цьому напрямку був обумовлений фундаментальними відкриттями, зробленими фізиками у ХХ столітті, зокрема тим, що *«всі живі клітини генерують електростатичний заряд, індивідуальний для кожного типу тканини, під впливом метаболічних процесів»*. Цей факт був доведений Х. Фроліхом (англ. *H. Frolich*, 1975-1977, Англія). *«Всі живі клітини утворюють власні ендогенні змінні електромагнітні поля типу Фреліха-Давидова, які мають високий ступінь когерентності, як лазерне випромінювання»*. Наукові праці Г.М. Боуля та Р. Мак-Фе (англ. *G.M. Baule, R. McFee*, 1963), Х. Фроліха (1977), А.С. Давидова (англ. *A.S. Davudov*, 1984, СРСР) визначили відкриття цього факту. *«Живі клітини мають здатність*

автоматично модулювати своє біоелектромагнітне поле зі структурою біосистеми. Біоелектромагнітні поля несуть очевидну інформацію про частоту коду й є солітонами». А.С. Давидов був основоположником цього напрямку біофізичних досліджень [1, 4, 6, 32, 33].

Як результат, у ХХ столітті були вивчені техніки акупунктури та електроакупунктури, широко розповсюджені в межах традиційної медицини та рефлексотерапії, але вони залишалися вивченими лише частково. Відсутність надійних даних про морфологічний субстрат тканин, який відповідав би за генерацію та транспортування енергії вздовж шляхів так званих «енергетичних меридіанів», був додатковою перешкодою для розуміння і визнання електроакупунктури академічною медициною. Відсутність загальної біоелектромагнітної парадигми метаболізму в фундаментальній науці також була перешкодою для розуміння електроакупунктури. Тому у ХХ столітті біомагнітне випромінювання тканин або вважалось пов'язаним із функцією нервової системи, або ігнорувалось як факт. Відповідно це уповільнило методологічний розвиток напрямку [22, 27].

У ХХІ столітті було продовжено вивчення компонентів біомагнітного поля та зроблено кілька фундаментальних відкриттів. Встановлено факт випромінювання фотонів усіма живими клітинами без зовнішньої стимуляції. Це також характерно для клітин людського організму. Явищу присвоїли термін «надмірно слабе випромінювання фотонів» (англ. Ultra-Weak Photon Emission - UPE). Фотон є основною елементарною частинкою електромагнітного випромінювання. UPE пояснюється його вивільненням під час метаболічних процесів, і відповідно з'являється біоелектромагнітне поле тканин. Сьогодні спектр та інтенсивність UPE людського тіла вважаються визнаними, а основне джерело, статистичний розподіл та фрактальність - частково зрозумілими [11, 12, 31, 50].

Отже, було встановлено, що найбільша інтенсивність UPE реєструється на обличчі, максимум - в області рота та щік. Вважається, що механізм випромінювання фотонів походить від утворення вільних радикалів в енергетичних метаболічних процесах. Згодом вільні радикали реагують із ліпідами або білками, утворюючи електронно збуджені види, як побічні продукти. Ці

збуджені молекули можуть у подальшому реагувати із флуорофорами через передачу енергії та призводити до випромінювання фотонів. Вищий рівень фотонів на шкірі обличчя може бути спричинений різницею у вмісті флуорофорів меланіну між шкірою обличчя та грудної клітки. Встановлена відсутність суттєвої кореляції між випромінюванням фотонів та тепловим зображенням свідчить про те, що добовий ритм випромінювання фотонів не є результатом зміни температури або мікроциркуляції. Більше того, чітка негативна кореляція часових змін емісії фотонів та рівнів кортизолу може свідчити про те, що добовий ритм емісії фотонів відображає зміни клітинних метаболічних процесів під контролем циркадного годинника [22, 24, 25, 34, 43, 44, 50].

Іншим фундаментальним відкриттям є відкриття нового анатомічного утворення, яке отримало назву первинна судинна система (англ. Primo Vascular System - PVS). Це відкриття докорінно може змінити науковий погляд на утворення та транспорт енергії в організмі людини. На думку вчених, первинна судинна система/PVS - це морфологічний субстрат, який забезпечує утворення та транспорт біофотонів. Структура PVS являє собою прозору мережу оптичних каналів із гранулами ДНК всередині, яка схожа на павутину в організмі на шести рівнях тканини [7, 35, 47, 49].

У 2002-2010 роках вчені Кванг-Суп Сох (Корея), Кюнг А. Кан (США), Девід К. Гаррісон (Англія) підтвердили відкриття, яке було зроблено в 1960 році корейським біологом Кім Бонгом Ханом [7, 30, 36, 37].

Таким чином, у ХХІ столітті факт наявності біомагнітного компонента в організмі людини став безперечним науковим знанням.

- *Як саме лікарі і за допомогою яких методів можуть здійснювати оцінку системних інформаційно-енергетичних процесів в організмі людини?*

Детально відповідь на це питання буде викладена у другому томі монографії, присвяченому теоретизації і результатам оцінки клінічної ефективності відповідних методик.

У даній післямові хочемо зауважити, що завдяки розвитку цифрових технологій, кібернетики, науковим напрацюванням ряду вчених, зокрема Р.М. Баєвського і його наступників стало можливим

отримання більшої кількості параметрів перш за все із показників серцевого ритму завдяки використанню методики короткого запису варіабельності ритму серця (ВРС) [14, 15].

Серцевий ритм - це один із ключових процесів хронобіологічної і енергоінформаційної системної організації людського організму як єдиної живої біологічної системи. З позицій системної медицини серцевий ритм - це електромагнітний феномен, хвильові характеристики якого є носієм інформації про поточний функціональний стан організму. Клініко-діагностична інформаційна цінність серцевого ритму для медицини була встановлена нашою цивілізацією ще у донауковому періоді (наприклад, метод пульсової діагностики давньо східних медичних шкіл). У XVIII-XX століттях була закладена основна теоретична база розуміння фундаментальної сутності магнітоелектрофізіологічних процесів серцевої діяльності людського організму. Значний пласт фундаментальних знань щодо електромагнітної будови матерії (Стандартна модель фундаментального взаємодії, Квантова теорія поля, корпускулярно-хвильовий дуалізм і т.п.) став кінцево доступний для системного аналізу. Новітні фундаментальні знання дали можливість поглибити уявлення про організацію та функціонування людського організму на всіх ієрархічних рівнях його структурної будови - від субатомного до організменного. Як вже відзначалось у викладених главах монографії, сьогодні з позицій системної медицини інтеграція фундаментального знання дозволяє розглядати людський організм як комплекс польових структур із близько 30 трлн власних клітин і 30-50 трлн клітин мікробіоти (згідно математичним розрахункам на масу тіла 70 кг) із індивідуальними частотними характеристиками/фізичними полями (інфрачервоним, акустичним, магнітним, електричним), які генеруються в процесі життєдіяльності і є адекватним відображенням біофізичної реальності феномену життя. При цьому серцевий ритм трактується як одне із центральних електромагнітних хвильових явищ організменного рівню, яке задає ритм іншим хвильовим коливальним процесам на периферії. Виділення зі складного коливання (яким і є скорочення серця) його вихідних простих коливань із наступною клінічною оцінкою їх частоти та їх потужності дає лікареві можливість отримання об'єктивної індивідуальної детальної інформації про внесок механізмів регуляції (вегетативної нервової системи і центральних

механізмів) у серцеву діяльність та про функціональний стан організму пацієнта в цілому [14, 15, 23, 41, 48].

У зазначеному сенсі саме метод короткого запису ВРС виявився важливим інструментом відображення стану загального здоров'я серця на підставі дослідження балансу впливів вегетативної нервової системи. Метод короткого запису ВРС принципово відрізняється від оцінки ВРС при холтеровському моніторингу, оскільки має іншу мету і механізми реалізації. Холтеровське моніторування – це реєстрація електричних параметрів кардіосигналу протягом тривалого терміну (добі), яке має за мету встановити всі факти наявності розладів функціонування серцевої діяльності за цей період, тобто виявити усі епізоди ішемії, порушення ритму, тощо. Завданням короткого запису ВРС є отримати із даних кардіологічного сигналу якомога більше об'єктивної інформації про функціональні параметри функціонування організму. Для цього необхідно зареєструвати у пацієнта саме стаціонарну ділянку ЕКГ (без розладів серцевого ритму) тривалістю не менше 300 кардіоциклів. ВРС віддзеркалює складні механізми нейрогуморальної регуляції кровообігу, здатність серцево-судинної системи організму реагувати на зовнішні стресорні фактори (психічні, фізичні навантаження, тощо) при різних функціональних станах респондентів (тренуваність - детренуваність, молодість-старість, здоров'я-хвороба, тощо). Зміна окремих параметрів ВРС може розцінюватись як прогностичні предиктори ризику виникнення смерті пацієнта [14, 15].

Іншою перспективною методикою для оцінки системних інформаційно-енергетичних процесів ми пропонуємо вважати аналіз електрофотонної емісії (англ. Electro-Photonic Emission Analysis – EPEA). Як було зазначено у главах монографії та у післямові під час опису гносеології методології дослідження електромагнітних параметрів організму людини, вже доведено факт, що в ході перебігу метаболічних реакцій відбувається випромінювання фотонів живими молекулами й тканинами людини - надслабка емісія фотонів (англ. Ultra-weak Photon Emission - UPE). UPE відображає системні енергетичні процеси мікрорівня функціонування тканин людського організму. Надмірний окисний метаболізм є одним із вирішальних факторів при багатьох НІЗ, тому дослідження емісії фотонів може розглядатись як потенційний інструмент оцінки функціонування

тканин та органів задля віддзеркалення окисних процесів клітинного рівня. Реєстрація UPE потребує надчутливого цифрового обладнання і є технічно складною. Однак процес реєстрації UPE може бути спрощено завдяки додатковій електромагнітній стимуляції випромінювання тканин. Так спеціальний електромагнітний вплив на шкіру пальця людини створює іонізацію молекул газового середовища навколо нього за рахунок емітованих електронів і фотонів, заряджає поверхню шкіри і це обумовлює транспорт електронів із поверхні шкіри людини по структурним комплексам біомолекул в ланцюг протікання імпульсного току. Як було з'ясовано зараз із позицій системної медицини саме цей механізм візуалізації параметрів магнітного поля живих біологічних об'єктів, включаючи й організм людини, був фізичною основою перших прототипів обладнання, що використовували вчені кінця ХІХ-ХХ століть (Я. Наркевич-Йодко, С.Д. Кірліан та інші), але не могли науково пояснити на той час із фізичної точки зору внаслідок недостатнього загального рівня розвитку фундаментальної фізики того часу. Зараз дана методика вже є повністю фізично зрозумілою, має відповідно створене вимірювальне обладнання, що сертифіковане у 70 країнах світу. Існує значний пласт фундаментальних напрацювань стосовно параметрів електрофотонної емісії у людини при захворюваннях внутрішніх органів, як діагностичного медичного критерію. Актуальним напрямком залишається подальший розвиток цих досліджень з метою широкого запровадження даного методу в практичну охорону здоров'я в майбутньому. Детально, наявні і власні напрацювання відносно теоретизації методики аналізу електрофотонної емісії буди викладено у наступних томах монографії [8, 9, 17, 18].

Третьою методикою, за допомогою якої можна виконувати оцінку перебігу системних інформаційно-енергетичних процесів у людському організмі, являється технологія шкірно-гальванічного тестування. Втім це загальна назва, за якою позначається окремий науковий напрямок, сформований на аналізі електромагнітних параметрів із БАТ і зон шкірної поверхні людського тіла. Детально теоретизація даних методів також буде викладеною у наступних томах даної монографії. Однак слід зауважити, що оцінка перебігу системних інформаційно-енергетичних процесів у людському організмі за допомогою ряду методів цього напрямку стала

можливою у зв'язку із розробкою сучасного програмного забезпечення, комп'ютеризацією дослідження, створення апаратних методик. Все це дозволяє тепер за лічені хвилини визначати орієнтовний функціональний статус за органами і системи пацієнта із подальшим графічним та цифровим відображенням на екрані, а також опціонально може давати можливість математичного відтворення із наступним візуальним моделюванням загальної картини електромагнітного поля респондента, що актуально з позицій системної медицини. У Державному реєстрі медичної техніки та виробів медичного призначення України наявна сертифікована спеціалізована медична апаратура для застосування і використання в медичній практиці охорони здоров'я [5, 13, 28].

- *В чому повинен полягати практичний інтерес лікарів до дослідження системних інформаційно-енергетичних процесів пацієнтів?*

Для лікарів дослідження системних інформаційно-енергетичних процесів пацієнтів представляє інтерес у двох аспектах: у науковому – загальний науковий прогрес галузі, і суто практичному – подальша оптимізація обстеження і лікування пацієнтів.

Неінфекційні захворювання (НІЗ) продовжують становити значну медико-соціальну проблему світового рівня, оскільки вони являються причиною смерті 41 млн осіб щорічно, як фонові патології погіршують якість життя, перебіг коморбідних захворювань, у тому числі коронавірусної інфекції ковід-19, призводячи до інвалідизації і смертності близько 15 млн осіб працездатного віку щорічно за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я. Зазначене зумовлює актуальність подальшого пошуку нових підходів та ідей до розв'язання проблематики НІЗ. Один із можливих напрямків вирішення проблеми НІЗ як раз і базується на можливостях уточнення ролі електромагнітної феноменології перебігу системних інформаційно-енергетичних процесів в обміні речовин людського організму із подальшим виходом на лікування, у тому числі із залученням перспективних наукоємних інструментальних методик можливої корекції. Але зараз це перспективний напрямок, що може бути реалізований у майбутньому [23, 42].

Більш цікавим представляються можливості використання результатів оцінки системних інформаційно-енергетичних процесів в практичній охороні здоров'я вже зараз, оскільки завдяки цьому можлива оцінка функціонального стану пацієнта, виявлення ранніх предикторів НІЗ, об'єктивний контроль за ефективністю лікувальних і профілактичних заходів, у тому числі у межах реалізації нової сучасної перспективної моделі охорони здоров'я - «4Р-медицини» [від перших букв англійських назв основних принципів: прогнозування, профілактика, персоналізація, партисипація/участь] [38].

У цілому вивчення фізичних принципів реалізації системних інформаційних процесів людського організму: їх реєстрація, клінічна інтерпретація, - мають значну практичну цінність для сучасної медицини. Знання і розуміння суті системних інформаційних процесів людського організму обумовлює можливість за допомогою застосування спеціалізованого технічного медичного обладнання для перетворення і модулювання біосигналів впливати та коригувати частотні параметри функціонування біологічних тканин/клітин.

На сьогоднішній день існуючий науковий матеріал і значна теоретична база створили можливість подальшого вивчення системних інформаційно-енергетичних процесів організменного рівня та дозволили з позиції системної медицини наблизитись до розуміння функціонування живого людського тіла як скоординованої енергетичної системи високого ступеня організації. З фізичної точки зору оптичні/фотонні механізми передачі енергії є найбільш вигідними порівняно до раніше відомих фізиці (наприклад, напівпровідникових) і забезпечують такі переваги [12, 13]:

- висока швидкодія (управління сигналом може здійснюватися за час менше 100 фс);
- висока швидкість передачі великих масивів інформації (в техніці використовуються волоконні лінії зв'язку зі швидкістю передачі інформації в одному каналі 10-50 Гб/с, розробляються волоконно-оптичні ліній зв'язку зі швидкістю передачі інформації 500 Гб/с - 1 Тб/с);

- низький рівень енергії керуючих сигналів (в сучасних оптичних перемикачах енергія керуючого сигналу може становити 1-5 пДж);
- високий рівень перешкодозахищеності і захищеності (зовнішні електричні і магнітні поля та перешкоди не впливають на оптичний сигнал, що поширюється по волокну; і оптичний сигнал у волокні недоступний для зовнішнього зчитування).

Всі ці параметри оптичного переносу енергії пояснюють факт, що природа обрала саме його для організації функціонування живих біологічних систем. Детальніше зазначені аспекти будуть викладені при розгляді приватної електромагнітної феноменології тканин і органів людського організму у наступному томі монографії.

Підводячи підсумок необхідно зауважити, що електромагнітна феноменологія людського організму, як одного із варіантів живої біологічної системи являються ще однією стороною реально існуючої об'єктивної реальності організації нашого Всесвіту. І наше завдання як вчених-медиків навчитись грамотно застосовувати наявні фундаментальні знання електромагнітної феноменології задля подальшого прогресу медичної галузі.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Барьяхтар В.Т., Бродин М.С., Горбань И.С. Памяти Александра Сергеевича Давыдова. *Успехи физических наук*. 1993. Т. 163, № 7. С. 117-118.
2. Беркинблит М.Б., Глаголева Е.Г. Электричество в живых организмах. ВАН. 2019. 288 с.
3. Бородай А.А., Сосницкая Т.В. Магнитокардиография: непонимание и разочарование от дефицита знаний. *Український кардіологічний журнал*. 2008. №7. URL: <http://medic.ua/bolezni/magnitokardiografiya-neronimanie-i-r/>.
4. Галль Л.Н. Физические принципы функционирования материи живого организма. Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2014. 399 с.
5. Готовский М.Ю., Мейзеров Е.Е. Опыт эффективного применения современных аппаратных методов диагностики и лечения заболеваний, основанных на холистической модели здоровья. Комплементарная медицина: состояние и перспективы правового регулирования. Москва: Издание Государственной Думы, 2015. С. 54-61.
6. Давыдов А.С. Солитоны в молекулярных системах. Киев: Наукова думка, 1984. 288 с.
7. Коваленко О.Є., Чижикова М.Є. Сучасні погляди на субстрат та механізми дії акупунктури. *Міжнародний неврологічний журнал*. 2017. №6. С. 120-126.
8. Кришень П.Ф., Пісоцька Л.А., Найдьон Л.Н. та ін. Застосування методу кірліан-графічної оцінки функціонального стану організму людини в гастроентерологічній практиці: метод. реком. МОЗ України. Київ, 2004. 11 с.
9. Мачерет Є.Л., Мінцер О.П., Чуприна Г.М., Пісоцька Л.А. та ін. Застосування експрес-методу кірліан-графічної оцінки функціонального стану організму людини для встановлення судинних порушень в області голови та адаптації організму до них: метод. рекомен. МОЗ України від 8.11.2004 № 275. Київ, 2004. 10 с.
10. Мінцер О.П., Потяженко М.М., Невойт Г.В. Дослідження енергетичного статусу людини як важливий етап переходу до 4П-медицини. Частина I: концептуальний аналітичний огляд. *Медична інформатика та інженерія*. 2020. №2. С. 79-89.

11. Мінцер О.П., Ватліцов Д.В. Фотоактивність біологічних молекул як можливий фактор корегування тригерзаалежних системних процесів (перше повідомлення). *Медична інформатика та інженерія*. 2015. №4. С. 7-10.
12. Мінцер О.П., Заліський В.М. Системна біомедицина: у 2 т. Т. 1 : Концептуалізація. Київ. Інтерсервіс. 2019. 549 с.
13. Мухина И.В. Физиология и биофизика возбудимых систем: учебно-методические материалы по программе повышения квалификации «Хранение и обработка информации в биологических системах». Нижний Новгород, 2007. 105 с. URL: <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/31.pdf>
14. Невойт Г.В. Варіаційна пульсометрія як метод відображення системних інформаційних енергетичних процесів та оцінки функціонального стану людського організму при загальному клінічному обстеженні пацієнтів. *Здобутки клінічної і експериментальної медицини*. 2020. №4. С. 135-139. DOI: 10.11603/1811-2471.2020.v.i4.11582
15. Невойт Г.В. Можливості короткого запису варіабельності ритму серця у відображенні системних інформаційних енергетичних процесів людського організму при клінічному обстеженні пацієнтів терапевтичного профілю. *Вісник Української медичної стоматологічної академії «Актуальні проблеми сучасної медицини»*. 2020. №4. Т. 20. С. 78-82. DOI:10.31718/2077-1096.20.4.78
16. Опыты и наблюдения над электричеством (Классика науки) / ред. ст. и коммент. Б.С. Сотина; пер. с англ. ВА Алексеева. Москва: АН СССР, 1956. 271 с.
17. Песоцкая Л., Ковальчук Г., Глухова Н., Евдокименко Н., Гетман М., Симонова Т. Использование метода газоразрядного свечения для оценки оздоровительных свойств воды. *Устойчивое развитие*. 2020. № 2. С. 10-19. URL: <https://maurorg77.wixsite.com/maur-org>
18. Песоцкая Л.А. Кирлианография в медицине. Днепропетровск, 2008. 107 с. URL: <http://www.kirlian.dp.ua/index.php/effekt-kirlian>.
19. Петров К.Б., Митичкина Т.В. Миовисцерофасциальные связи в традиционном и современном представлении. Новокузнецк: Полиграфист, 2010. 221 с.
20. Полякова И.П. Магнитокардиография: историческая справка, современное состояние и перспективы клинического применения. *Креативная кардиология*. 2011. № 2. С. 103-133.
21. Потяженко М.М., Невойт А.В. Энергетическая система человека: что известно официальной науке. *Український медичний часопис*. 2018. № 6, Т. II. С. 22-24.
22. Потяженко М.М., Невойт А.В. Енергетична система людини: еволюція повторного наукового відкриття. *Український медичний часопис*. 2019. №2. Т. II. С. 10-13.

- 23.Потяженко М.М., Невойт А.В. Неінфекційні захворювання: пошук альтернативних рішень проблеми з біофізичних позицій. *Практикуючий лікар*. 2019. №1. С.57-62.
- 24.Потяженко М.М., Невойт А.В. Энергетическая система человека в свете современных физико-биологических знаний, концепций, гипотез *Український медичний часопис*. 2019. №4 (132), Т.2. С. 24-29.
- 25.Потяженко М.М., Невойт А.В. Інноваційні методики об'єктивного обстеження з комп'ютерним тестуванням в еволюції реєстрації фізичних феноменів лікарем терапевтичного профілю: історія, реальність, перспективи. *Медична інформатика та інженерія*. 2018. №4. С. 58-65.
- 26.Рагульская М.В., Любимов В.В. Приборное изучение воздействий естественных магнитных полей на БАТ человека: методы, средства, результаты. *Журнал радиоэлектроники*. 2000. № 11. С. 115-120.
- 27.Сергеев Д.В. Эволюция представлений о морфологическом субстрате биологически активных точек и энергетических меридианов в системе китайской классической чжень-цзю-терапии. *Математическая морфология*. 1998. Т. 3, №1. С. 166-179.
- 28.Яновский О.Г., Карлыев К.М., Королева Н.А. и др. Возможности компьютеризированной электропунктурной диагностики по методу Р. Фолля в терапии методами рефлексотерапии и гомеопатии: метод. реком. № 98/232 Министерство здравоохранения Российской Федерации, Научно-исследовательский институт традиционных методов лечения. Москва, 1999. 32 с.
- 29.Ahn A.C., Colbert A.P., Anderson B.J. et al. Electrical properties of acupuncture points and meridians: a systematic review. *Bioelectromagnetics*. 2008. V. 29. N.4. P. 245-256.
- 30.Avijgan M. Can the Primo Vascular System (Bong Han Duct System) be a Basic Concept for Qi Production? *International Journal of Integrative Medicine*. 2013. V. 1. P. 1-10.
- 31.Cifra M., Pospíšil P. Ultra-weak photon emission from biological samples: definition, mechanisms, properties, detection and applications. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 2014. V.139. P. 2-10.
- 32.Frolich H. *Neurosci. Res. Programm: Bull.* 1977. V.15. P. 67-72.
- 33.Frolich H. The extraordinary dielectric properties of biological materials and the action of enzymes. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 1975. V.72(11). P. 4211-4215. DOI:10.1073/pnas.72.11.4211
- 34.Kobayashi M., Kikuchi D., Okamura H. Imaging of Ultraweak Spontaneous Photon Emission from Human Body Displaying Diurnal. *PLoS ONE*. 2009 V. 4. N. 7. e6256. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0006256>
- 35.Kwang-Sup Soh. Bonghan Circulatory System as an Extension of Acupuncture Meridians. *Journal of Acupuncture and Meridian Studies*. 2009. V. 2(2). P. 93-106.

- 36.Kwang-Sup Soh. Bonghan Duct and Acupuncture Meridian as Optical Channel of Biophoton. *Journal of the Korean Physical Society*. 2004. V. 45(5). P. 1196-1198.
- 37.Kwang-Sup Soh., Kang Kyung A., Harrison David K. The Primo Vascular System. Its role in cancer and regeneration. Springer, 2012. 336 p.
- 38.Nevoit G.V., Potiazhenko M.M., Mintser O.P., N.I. Ignatenko, Yu.A. Kabernik Bioelectrical impedance determining body composition and hardware-software recording of heart rate variability during an Objective Structured Clinical Examination as a diagnostic tool. *World of Medicine and Biology*. 2020. N. 2. P. 89-93. DOI 10.26724/2079-8334-2020-2-72-89-93
- 39.Nevoit G.V. Evaluation of Electro-Photonic Emission Analysis indicators in patients with Noncommunicable Diseases – Ischemic Heart Disease. *The Medical and ecological problems*. 2021. V. 25, N. 1-2. C. 16-18. DOI <https://doi.org/10.31718/mep.2021.25.1-2.04>
- 40.Nevoit G.V. Possibilities of electro-photonic emission analysis in the representation of system information energy processes of the human organism. *The Medical and ecological problems*. 2020. V. 24, N. 5-6. P. 17-20. DOI <https://doi.org/10.31718/mep.2020.24.5-6.05>
- 41.Mintser O.P., Potiazhenko M.M., Nevoit G.V. Evaluation of the human bioelectromagnetic field in medicine: the development of methodology and prospects are at the present scientific stage. *Wiadomości Lekarskie*. 2019. V. 5 (II). P. 1117-1121. DOI: 10.36740/WLek201905231
- 42.Mintser O.P., Semenets V.V., Potiazhenko M.M., Podpruzhnykov P.M., Nevoit G.V. The study of the electromagnetic component of the human body as a diagnostic indicator in the examination of patients with Non-communicablediseases: problem statement. *Wiadomości Lekarskie*. 2020. V. 6(73). P. 1279-1283. DOI: 10.36740/WLek202006139
- 43.Salari V., Valian H., Bassereh H. et al. Ultraweak Photon Emission in the Brain. *J. IntegrNeurosci*. 2015. V.14. P. 419-429.
- 44.Salari V., Valian H., Bassereh H. et al. Ultraweak Photon Emission in the Brain. *J. Integr. Neurosci*. 2015. V. 14. P. 419-429.
- 45.Sang Hyun Park Kim, Eung Hwi, Chang Ho Jong et al. History of Bioelectrical Study and the Electrophysiology of the Primo Vascular System Evidence-based Complementary and Alternative Medicine. 2013. 14 p.
- 46.Scholkmann F., Fels D., Cifra M. Non-Chemical and Non-Contact Cell - to Cell Communication: A Short Review. *Am. J. Trans. Res*. 2013. V. 5. P. 586-593.
- 47.Soo Jae Lee, Byung Cheon Lee, Chang Hoon Nam et al. Proteomic analysis for tissue and liquid from Bonghan ducts on rabbit intestinal surfaces. *Journal of Acupuncture and meridian studies*. 2008. V. 1(2). P. 97-109.
- 48.Sender R., Fuchs S., Milo R. Revised Estimates for the Number of Human and Bacteria Cells in the Body. *PLOS Biology*. 2016. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002533>

49. Stefanov M., Potroz M., Kim J. The Primo Vascular system as a New Anatomic System. *Journal of Acupuncture and Meridian Studies*. 2013. V. 6(6). P. 331-338.
50. Tinsley J.N., Molodtsov M.I., Prevedel R. Direct Detection of a Single Photon by Humans. *Nat. Commun.* 2016. V. 7. P. 12-17.

Наукове видання

Мінцер Озар Петрович,
Потяженко Максим Макарович,
Невойт Ганна Володимирівна

**МАГНІТОЕЛЕКТРОХІМІЧНА ТЕОРІЯ
ОБМІНУ РЕЧОВИН
ТОМ 1 КОНЦЕПТУАЛІЗАЦІЯ**

у двох томах

За загальною редакцією проф. О.П. Мінцера, проф. М.М. Потяженка

Монографія

Підписано до друку 29.05.2021 р. Формат 60x90/16.
Гарнітура Таймс. Друк офсетний. Умов. друк. арк.: 29,17
Наклад прим.: 800. Замовлення № 2905/2021

Видавець: ТОВ «НВП «Інтерсервіс»,
м. Київ, вул. Бориспільська, 9,
Свідоцтво: серія ДК № 3534 від 24.07.2009 р.
Виготовлювач: СПД Андрієвська Л.В.
м. Київ, вул. Бориспільська, 9,
Свідоцтво: серія В03 № 919546 від 19.09.2004 р.



Заслужений діяч науки і техніки України, професор Озар Петрович Мінцер — є одним із засновників медичної інформатики в Україні. Ним створена наукова школа. Під його керівництвом захищено 79 кандидатських і 18 докторських дисертацій. Автор більш 900 наукових праць, у тому числі 43 монографій і навчальних посібників, 38 патентів і авторських свідоцтв.

В останні п'ять років активно працює в напрямках створення єдиної теорії трансферу медичних знань, розвитку системної біології та системної медицини.

Широко відомі дослідження проф. О.П.Мінцера щодо застосування новітніх технологій передавання знань; впровадження технологій сучасної адаптивної освіти, мобільної освіти, а також навчання на робочому місці у процесах медичної післядипломної освіти. Автор багатьох робіт з інженерії знань, методів доказової медицини, телемедицини, концептуальних підходів до питань якості надання медичної допомоги тощо.

Максим Макарович Потяженко – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри внутрішніх хвороб та медицини невідкладних станів навчально-наукового інституту післядипломної освіти Полтавського державного медичного університету, який як учений і висококваліфікований лікар-практик сприяв формуванню та розвитку полтавської терапевтичної школи на чолі із професором, доктором медичних наук М.А. Дудченко (1919-2020), а зараз продовжує його традиції у напрямку розвитку саме системного цілісного підходу при веденні хворих. Автор та співавтор понад 600 наукових праць, із них - 25 у Scopus та Web of Science виданнях. Коло наукових інтересів: внутрішні хвороби, кардіологія, пульмонологія, гастроентерологія.



Невойт Ганна Володимирівна – кандидат медичних наук, доцент, 2020-2021 роки – докторант, доцент кафедри внутрішніх хвороб та медицини невідкладних станів навчально-наукового інституту післядипломної освіти Полтавського державного медичного університету. Автор і співавтор понад 100 наукових праць.