

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника



Володимира Бойчук, Володимир Коцюбинський

Концепції сучасного природознавства

Частина 1

Курс лекцій

м. Івано-Франківськ

2023

ББК 32.86я73

*Рекомендовано до друку Вченою радою Фізико-технічного факультету
Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника” (протокол №2 від 19 жовтня 2023 року)*

Рецензенти:

Никируй Любомир Іванович, завідувач кафедрою фізики і хімії твердого тіла
фізико-технічного факультету Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника,
кандидат фізико-математичних наук

Рачій Богдан Іванович, професор кафедри матеріалознавства і новітніх технологій
фізико-технічного факультету Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника,
доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник

Володимира Бойчук, Володимир Коцюбинський. Концепції сучасного природознавства. [Електронний ресурс] /
Володимира Бойчук, Володимир Коцюбинський. Концепції сучасного природознавства. Частина 1. Прикарпатський національний
університет імені Василя Стефаника. Івано-Франківськ, 2023. – 154 с.– Режим доступу : <http://lib.pu.if.ua/e-library.php>

ББК 32.86я73

© Володимира Бойчук, Володимир Коцюбинський, 2023

©Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2023

Лекція 1

Предмет природознавства

1. Сутність і поняття науки, її основні функції. Специфіка наукового пізнання. Співвідношення науки і позанаукових форм знання і пізнання.
2. Історичні етапи пізнання природи і становлення природознавства. Особливості природничо-наукового пізнання світу і структура сучасного природознавства.
3. Особливості методів сучасного експериментального природознавства.
4. Етика науки і соціальна відповідальність вченого

Сутність і поняття науки, її основні функції. Специфіка наукового пізнання.
Співвідношення науки і позанаукових форм знання і пізнання

Протягом усієї своєї історії люди виробили кілька **способів пізнання** та освоєння оточуючого їх світу:

буденний, міфологічний, релігійний, художній, філософський.

На певному етапі людської історії наука, подібно іншим, раніше виникли елементам культури, розвивається у відносно самостійну форму суспільної свідомості та діяльності. Це обумовлено тим, що цілий ряд проблем, що виникають перед суспільством, може бути вирішене тільки з допомогою науки, як особливого способу пізнання дійсності.

Таким чином, одним з найважливіших способів пізнання, безумовно, є наука. Існує безліч дефініцій науки і наукового пізнання.

Основні структурні компоненти науки як системної цілісності:

діяльність - процес суб'єкт-об'єктного взаємодії, спрямований на виробництво та відтворення об'єктивно-істинних знань про дійсність;

знання - вид інформації про досліджуваних явищах і процесах дійсності, який повинен відповідати цілому ряду вимог або критеріям науковості;

соціальний інститут - сукупність наукових організацій та установ, інтег-рованих певними нормами поведінки, професійні об'єднання вчених.

Сутність і поняття науки, її основні функції. Специфіка наукового пізнання.
Співвідношення науки і позанаукових форм знання і пізнання

Наука як найважливіший компонент сучасного суспільства відіграє величезну роль у його функціонуванні, що проявляється в наступних основних функціях.

До загальних функцій науки, можна віднести наступні:

культурно-світоглядна (наука формує особливий науковий тип світогляду);

пізнавальна (наука процес відтворення знань про світ);

продуктивна (наука є продуктивною силою суспільства);

регулююча функція (наука специфічним чином регулює людську діяльність);

соціальні функції науки детермінують найважливіші імперативи соціального життя:

інформаційна (наука - носій величезної кількості інформації),

комунікативна (наука забезпечує комунікацію між суспільством і природою, між науковими спільнотами і т.д.),

прогностична (наука здатна прогнозувати, передбачати подальший розвиток суспільства, техніки і т.д.),

освітня (наука утворює і вдосконалює людство),

технологічна (запорукою розвитку техніки є наука).

Сутність і поняття науки, її основні функції. Специфіка наукового пізнання.
Співвідношення науки і позанаукових форм знання і пізнання

Спеціальні функції науки:

функція виявлення об'єктивних законів дійсності;

функція отримання об'єктивної істини;

функція формування картини світу; функція суспільного поділу праці та ін.

Всі ці характеристики і функції підкреслюють той факт, що наука є складним і невід'ємним елементом культури.

Наука в даний час є найбільш розвиненою, складною і спеціалізованою формою пізнання.

Але поряд з нею був і продовжує існувати значний ряд позанаукових форм знання, серед яких:

ненаукове, розуміється як буденне чи здоровий глузд, чи не формалізується і не описується законами; **донаукове**, що виступає прототипом і базою наукового (алхімія, астрологія);

паранаукове (або девіантна наука) як несумісне, що відхиляється від еталонів і норм, прийнятих в науці (парапсихологія);

псевдонаукове, яке свідомо експлуатує домисли, міфи та забобони;

антинаукове як утопічне, що свідомо спотворює уявлення про дійсність у боротьбі з наукою.

Сутність і поняття науки, її основні функції. Специфіка наукового пізнання.
Співвідношення науки і позанаукових форм знання і пізнання

Ці позанаукові форми пізнання відіграють у житті людей значну роль і іноді незамінні з практичної точки зору. Такі знання слабо відображають глибинні, сутнісні зв'язку предметів, містять забобони, поспішні і суперечливі узагальнення.

Це, по суті, результат непрофесійної пізнавальної діяльності, властивою кожній людині в процесі його життєдіяльності.

Позанаукові знання необхідно відрізнити від наукових. Але зробити це часом не просто. Інтуїтивно здається ясно, чим відрізняється, наприклад, фізика від парапсихології, однак сформулювати певні риси науки і ненауки не завжди вдається.



Сутність і поняття науки, її основні функції. Специфіка наукового пізнання.
Співвідношення науки і позанаукових форм знання і пізнання

Ознаки наукового пізнання:

- особливі об'єкти пізнання (їх не можна пізнати лише за допомогою повсякденної досвіду);
- предметний і об'єктивний спосіб розгляду досліджуваних об'єктів, спрямований на виявлення їх сутності, закону;
- особлива мова науки, що надає строгі значення науковим термінам і поняттями;
- наукове пізнання виробляє свою методологію, тобто сукупність методів і прийомів пізнання;
- використання спеціальних засобів науково-пізнавальної діяльності - спеціальної апаратури, інструментів, приладових установок;
- для заняття наукою необхідна спеціальна професійна підготовка;
- істинність знання в науці завжди спеціально обгрунтовується, доводиться, підтверджується експериментом;
- системність, яка задає певну форму наукового знання;
- наукове пізнання орієнтоване на істину і воно принципово не утилітарне (тобто пізнання заради суті, а не заради слави, грошей і т.д.).



Історичні етапи пізнання природи і становлення природознавства. Особливості природничо-наукового пізнання світу і структура сучасного природознавства

Поняття **концепція** походить від латинського conceptus - думка, поняття, а ще conceptio - сприйняття. Отже, йдеться про систему поглядів на певні явища, про спосіб розуміння, тлумачення цих явищ.

Слово "**природознавство**" - сукупність наук про природу як єдиної цілості та вивчає природні об'єкти і процеси, що у них відбуваються, і включає в предмет свого пізнання об'єкти, створені людиною. У латинській мові поняття "природа" позначається словом "natura" ("натура"), і тому в багатьох європейських країнах наука про природу дістала назву "Naturwissenschaft". Від цієї назви походить і міжнародний термін "натурфілософія" (філософія природи).

Спочатку всі знання про природу належали до сфери інтересів фізики (або до фізіології). Невипадково Арістотель (4 ст. до н.е.) називав своїх попередників "фізиками", або "фізіологами" (давньогрецьке слово "фюзис" (фізис) дуже близьке за значенням до слов'янського слова "природа"). Саме фізика є основою всіх наук про природу.

Оскільки природа надзвичайно різноманітна щодо видів об'єктів, їхніх властивостей і форм руху, то в процесі її пізнання формувалися різні природничі науки: фізика, хімія, біологія, астрономія, географія, геологія і багато інших. Кожна з природничих наук має справу з якимись конкретними властивостями природи (матерії, що рухається в просторі й часі).

Коли вдається виявити якісь нові властивості матерії, з'являються нові природничі науки або, принаймні, нові розділи й напрямки у вже існуючих природничих науках, метою яких є подальше вивчення цих властивостей.

Історичні етапи пізнання природи і становлення природознавства. Особливості природничо-наукового пізнання світу і структура сучасного природознавства

За об'єктами дослідження природничі науки можна поділити на дві великі групи: науки про живу та науки про неживу природу. Найважливішими природничими науками, які **досліджують неживу природу, є:**

Фізика вивчає найбільш загальні властивості матерії і форми її руху (механічну, теплову, електромагнітну, атомну, ядерну) й поділяється на багато напрямків і розділів (загальна фізика, теоретична фізика, експериментальна фізика, механіка, молекулярна фізика, атомна фізика, ядерна фізика, фізика електромагнітних явищ і т.д.).

Хімія — це наука про речовини, їх склад, будову, властивості та взаємні перетворення. Вона вивчає хімічну форму руху матерії і поділяється на органічну й неорганічну хімію, фізичну та аналітичну хімію, колоїдну хімію (хімію розчинів) і т.д.

Астрономія — наука про Всесвіт. Вона вивчає рух небесних тіл, їх природу, походження й розвиток. Найважливішими розділами астрономії, які в наш час перетворилися, власне кажучи, на самостійні науки, є космологія та космогонія. Космологія — це фізичне вчення про Всесвіт як цілісність, його будову та розвиток. Космогонія вивчає питання походження й розвитку небесних тіл (планет, Сонця, зірок та ін.). Новітнім напрямком у пізнанні космосу є космонавтика.

досліджує живу природу:

Біологія належить до наук про живу природу. Існують різні її визначення як науки. От одне з них: "Біологія - учення про життя. Предметом біології є життя як особлива форма руху матерії, закони розвитку живої природи...". Таке визначення біології не викликає якихось особливих суперечок, але постає ще більш складне питання: "А що таке життя?".

Історичні етапи пізнання природи і становлення природознавства. Особливості природничо-наукового пізнання світу і структура сучасного природознавства

Будучи складовою частиною науки, природознавство має тривалу історію.

Процес пізнання людиною природи почався ще в глибоку давнину. Поняття «Природознавство» з'явилося в Новий час у Західній Європі.

Особливістю науки Нового часу є:

- 1) опора на дослідно-експериментальне знання;
- 2) у розвитку науки цього часу значну роль відіграли успіхи математики, що призвели до виникнення алгебри, аналітичної геометрії, до створення диференціального й інтегрального обчислень та ін.

Природознавча система не є непорушною: з XVII - до середини XX ст. лідером була фізика, то сьогодні підйом переживають біологічні дослідження (особливо на межі наук - біофізики, біохімії, молекулярної біології).

У природознавстві виділяють 4 глобальні наукові революції, які сприяли зміні історичних типів наукової раціональності.

- **Перша революція (XVII-XVIII)** ознаменувала собою становлення класичного природознавства. Сформувався перша фізична картина світу, представляла механічну картину природи.
- **Друга глобальна революція (к. XVIII – п. XIX)** До сер. XIX в.- поява дисциплінарно-організованої науки. Відбувається розвиток спеціалізованих галузей природничого дослідження. У цей час механічна картина світу втрачає статус загальнонаукової. У біології, хімії та інших галузях знання формуються специфічні картини реальності, які не зводяться до механічної.

Перша і друга глобальні революції в природознавстві брали участь у оформленні та розвитку класичного типу наукової раціональності, з притаманними саме цього типу нормами та ідеалами

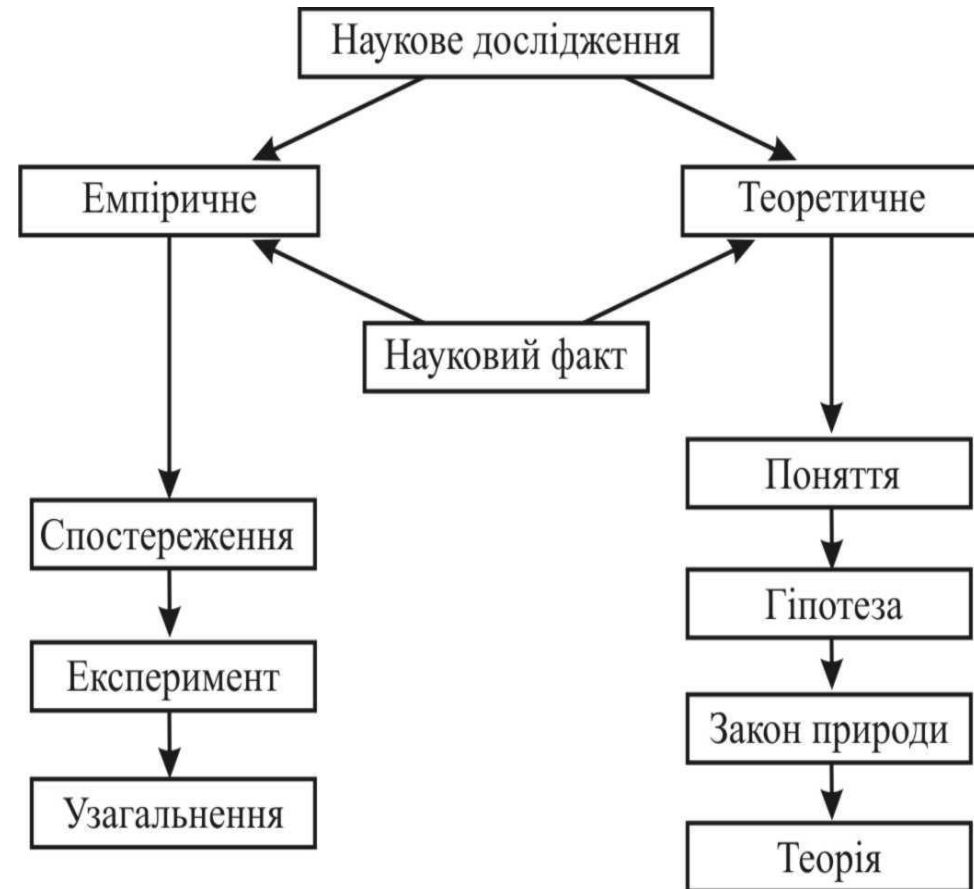
Історичні етапи пізнання природи і становлення природознавства. Особливості природничо-наукового пізнання світу і структура сучасного природознавства

- **Третя глобальна революція в науці (охоплює період з кінця XIX – початку XX сторіччя).** Ознаменувало собою перехід до неklasичного типу наукової раціональності. На основі досягнення неklasичного природознавства сформувався загальнонаукова картина природи як складної динамічної цілісності, здатної до самоорганізації. У неklasичному природознавстві очевидним стає факт залежності науки від соціальних обставин, ціннісно-цільових орієнтацій суб'єкта науки.
- **Четверта глобальна наукова революція (кінець 20 століття)** - наука стає соціальною силою, міждисциплінарна проблематика, ідеї синергетики, об'єктами науки стають саморозвиваючі системи, наприклад (екосистеми), переглядається істина, аргументація в науці. Четверта глобальна революція привела до формування постнеklasичної науки (сучасної), для якої характерним є входження людиновимірних досліджень, ціннісних нормативів і зближення природознавства та гуманітарних дисциплін. Природознавство виступає як теоретичне ставлення людини до природного світу, як наука про людину в природі. Нині природознавство представлено сотнями наукових дисциплін: фізичних, хімічних, біологічних, космологічних та ін. Структура природознавства є безпосереднім відображенням логіки природи. Загальний обсяг і структура природничонаукових знань величезні і різноманітні. Сюди включається знання про речовину і його будову, про рух і взаємодії речовин, про хімічні елементи і з'єднання, про живу матерію і життя, про Землю та Космос. Від цих об'єктів природознавства беруть свій початок і фундаментальні природничі напрямки.



Особливості методів сучасного експериментально-математичного природознавства

Наукове пізнання – це об'єктивно-істинне знання про природу, суспільство і людину, отримане в результаті науково-дослідницької діяльності і, як правило, апробоване (доведене) практикою. **Природничо-наукове пізнання** структурно складається з **емпіричного і теоретичного** напрямів наукового дослідження. Відправною точкою будь-якого з цих напрямків наукового дослідження є отримання наукового, емпіричного факту.



Особливості методів сучасного експериментально-математичного природознавства

Емпіричний рівень пізнання. На емпіричному (дослідному) рівні пізнання використовуються головним чином методи, що опираються на чуттєво-наочні прийоми і способи пізнання, такі, як **систематичне спостереження, порівняння, аналогія** і т.д. Тут накопичується первинний дослідний матеріал, який вимагає подальшої обробки та узагальнення. На даному рівні пізнання має справу з фактами і їх описом. Вся наукова інформація заснована на спостереженнях і піддається об'єктивній перевірці. Безпосередні спостереження обмежуються тільки відчуттями, отриманими від п'яти органів чуття. Ці дані можна перевірити, оскільки наші органи чуття можуть обманюватися і надавати нам невірну інформацію.

Спостереження – це тривале, цілеспрямоване і планомірне сприйняття предметів і явищ об'єктивного світу. Наступною структурою емпіричного напряму пізнання є науковий експеримент. **Експеримент** – це науково поставлений досвід, за допомогою якого об'єкт або відтворюється штучно, або ставиться в точно враховані умови. Відмінною особливістю наукового експерименту є те, що його здатний відтворити кожен дослідник у будь-який час. Знайти аналогії у відмінностях – необхідний етап наукового дослідження. **Експеримент** може бути проведений на моделях, тобто на тілах, розміри і маса яких пропорційно змінені порівняно з реальними тілами. Результати модельних експериментів можна вважати пропорційними результатами взаємодії реальних тіл. Можливе проведення уявного експерименту, тобто уявити собі тіла, яких взагалі не існує в реальності, і провести над ними розумовий експеримент. У сучасній науці треба проводити і ідеалізовані експерименти, тобто уявні експерименти із застосуванням ідеалізацій. На підставі емпіричних досліджень можуть бути зроблені емпіричні **узагальнення**.

Особливості методів сучасного експериментально-математичного природознавства

Теоретичний рівень пізнання. Тільки на цьому рівні стає можливим формулювання законів, що є метою науки. Для цього потрібно вміти побачити за численними, часто абсолютно несхожими зовні фактами, саме суттєві, а не просто повторювані властивості і характеристики предметів і явищ. Головне завдання теоретичного рівня пізнання полягає в тому, щоб привести отримані дані в струнку систему і створити з них наукову картину світу. Для цього окремі чуттєві дані складаються в одну цілісну систему – теорію. Але при побудові теорії використовуються інші, більш високі методи пізнання – теоретичні.

На теоретичному рівні пізнання, крім емпіричних фактів, потребує поняття, які створюються заново або беруться з інших розділів науки. **Поняттям** є думка, що відображає предмети та явища в їхніх загальних і суттєвих рисах, властивостях скорочено, концентровано (наприклад, матерія, рух, маса, швидкість, енергія, рослина, тварина, людина та ін.).

Важливим способом теоретичного рівня дослідження є висунення гіпотез. **Гіпотеза** – це особливого роду наукове припущення про безпосередньо спостережувані або взагалі невідомі форми зв'язку явищ або причин, що призводять до появи цих явищ. Гіпотеза як припущення висувається для пояснення фактів, які не вкладаються в існуючі закони і теорії. Вона виражає насамперед процес становлення знання, а в теорії більшою мірою фіксується досягнутий етап у розвитку науки. При висуванні якої-небудь гіпотези приймається до уваги не тільки її відповідність емпіричним даним, а й деякі методологічні принципи, що отримали назву критеріїв простоти, краси, економії мислення тощо. Після висунення певної гіпотези дослідження знову повертається на емпіричний рівень для її перевірки. **Мета** – перевірка наслідків цієї гіпотези, про які нічого не було відомо до її висунення. Якщо гіпотеза витримує емпіричну перевірку, то вона набуває статусу закону природи, якщо ні – відкидається.

Особливості методів сучасного експериментально-математичного природознавства

Закон природи є найкращим вираженням гармонії світу. **Закон** – внутрішній причинний, стійкий зв'язок між явищами і властивостями різних об'єктів, що відображає відносини між об'єктами. Якщо зміна одних об'єктів чи явищ (причина) викликає цілком певну зміну інших (наслідок), то це означає прояв дії закону. Наприклад, періодичний закон Д.І. Менделєєва встановлює зв'язок між зарядом атомного ядра і хімічними властивостями даного хімічного елемента. Сукупність кількох законів, що відносяться до однієї області пізнання, називається науковою теорією.

Теоретичний рівень пізнання звичайно розчленовується на два типи – **фундаментальні теорії та теорії, що описують конкретну область реальності**. Так, механіка описує матеріальні точки і взаємовідносини між ними, а на основі її принципів будуються різні конкретні наукові теорії, що описують ті чи інші області реального світу.

При всіх відмінностях між емпіричним і теоретичним рівнями пізнання немає нездоланного бар'єру: **теоретичний рівень спирається на дані емпіричного, а емпіричне знання не може існувати без теоретичних уявлень, воно обов'язково заглиблено у визначений теоретичний контекст**.

Знання – це перевірений практикою результат пізнання дійсності, вірне відображення дійсності в мисленні людини. Різниця між емпіричним і теоретичним рівнями досліджень не співпадає з відмінністю між чуттєвим і раціональним пізнанням, хоча **емпіричний рівень переважно чуттєвий, а теоретичний – раціональний**.



Особливості методів сучасного експериментально-математичного природознавства

Структура наукового дослідження є способом наукового пізнання чи науковим методом. **Метод** – це сукупність дій, покликаних допомогти досягненню бажаного результату. Метод не тільки зрівнює здібності людей, але також робить їх діяльність однаковою, що є передумовою для отримання однакових результатів всіма дослідниками. Виділяються емпіричні та теоретичні методи.

Структура наукового дослідження

Наукові методи дослідження	
Емпіричні	Теоретичні
Спостереження	Формалізація
Опис	Аксиоматизація
Вимірювання	Аналіз
Порівняння	Синтез
Експеримент	Індукція
Моделювання (предметне, фізичне)	Дедукція
	Узагальнення
	Аналогія
	Математизація
	Абстрагування

Особливості методів сучасного експериментально-математичного природознавства

Спостереження – це тривале, цілеспрямоване і планомірне сприйняття предметів і явищ об'єктивного світу. Можна виділити два види спостереження – безпосереднє і за допомогою приладів. При здійсненні спостереження за допомогою відповідних приладів у мікросвіті необхідне обов'язкове врахування властивостей самого приладу, його робочої частини, характеру взаємодії з мікрооб'єктами.

Опис – це результат спостереження і експерименту, що полягає у фіксуванні даних за допомогою певних систем позначень, прийнятих в науці. Опис як метод наукового дослідження проводиться як шляхом звичайної мови, так і спеціальними засобами, що складають мову науки (символи, знаки, матриці, графіки і т.д.). Найважливішими вимогами до наукового опису є точність, логічна строгість і простота.

Моделювання – вивчення об'єкта шляхом створення та дослідження його моделі з певних сторін, що цікавлять дослідника. Залежно від способу відтворення, тобто від тих засобів, за допомогою яких будується модель, всі моделі можуть бути розділені на два види: **«діючі», або матеріальні моделі; «уявні», або ідеальні моделі.** До матеріальних моделей можна віднести макети моста, греблі, будівлі, літака, корабля і т.д. Вони можуть бути побудовані з того ж матеріалу, що і досліджуваний об'єкт, або на основі чисто функціональної аналогії. Ідеальні моделі поділяються на уявні конструкції (моделі атома, галактики), теоретичні схеми, які відтворюють в ідеальній формі властивості і зв'язки досліджуваного об'єкта, і знакові (математичні формули, хімічні знаки та символіки тощо). Особливо виділяються кібернетичні моделі, які замінюють ще недостатньо вивчені управляючі системи, допомагають дослідити закони функціонування даної системи (наприклад, моделювання окремих функцій людської психіки).

Особливості методів сучасного експериментально-математичного природознавства

Вимірювання - пізнавальна операція, що забезпечує чисельне вираження вимірюваних величин. Воно здійснюється на емпіричному рівні наукового дослідження і включає кількісні еталони і стандарти (вага, довжина, координати, швидкість і т.д.). Вимірювання здійснюється суб'єктом як безпосередньо, так і опосередковано. У зв'язку з цим, воно ділиться на два види: **пряме і непряме**. **Пряме вимірювання** - безпосереднє порівняння вимірюваного об'єкта чи явища, властивості з відповідним еталоном; **непряме визначення** величини вимірюваної властивості на основі врахування певної залежності від інших величин. Непряме вимірювання допомагає робити визначення величин в таких умовах, коли безпосереднє вимірювання ускладнене або неможливе.

Порівняння – зіставлення об'єктів з метою виявлення ознак подібності або ознак відмінності між цими об'єктами. Для того щоб порівняння було об'єктивним, воно повинно відповідати наступним вимогам:

- порівнювати необхідно співставні явища і предмети;
- порівняння має здійснюватися за найбільш важливими і суттєвими ознаками.

На відміну від спостереження **експеримент** характеризується втручанням дослідника в положення досліджуваних об'єктів завдяки активному впливу на предмет дослідження. Він широко поширений у фізиці, хімії, біології, фізіології та інших природничих науках. Експеримент набуває все більшого значення в соціальних дослідженнях. Однак тут його значення обмежено, по-перше, моральними, гуманістичними міркуваннями, по-друге, тим, що більшість соціальних явищ не можна відтворити в лабораторних умовах, і, по-третє, тим, що багато соціальних явищ неможливо багаторазово повторювати, відокремлювати від інших суспільних явищ. Отже, емпіричне вивчення є вихідним для формування наукових законів, на цьому ступені об'єкт піддається первинному осмисленню, виявляються його зовнішні особливості і деякі закономірності (емпіричні закони).

Особливості методів сучасного експериментально-математичного природознавства

Формалізація – відображення результатів мислення в точних поняттях або твердженнях, тобто побудова абстрактно-математичних моделей, що розкривають сутність досліджуваних процесів дійсності. Формалізація відіграє важливу роль в аналізі, уточненні та експлікації наукових понять. Вона нерозривно пов'язана з побудовою штучних або формалізованих наукових законів.

Аксиоматизація – побудова теорій на основі аксіом-тверджень, доведення істинності яких не потрібне. Істинність всіх тверджень аксіоматичної теорії обґрунтовується в результаті строгого дотримання дедуктивної техніки виведення (докази) і знаходження (або побудови) інтерпретації формалізації аксіоматичних систем. При самій же побудові аксіоматики виходять з того, що прийняті аксіоми – істини.

Аналіз – фактичне або уявне розчленування цілісного предмета на складові частини (сторони, ознаки, властивості, відносини або зв'язки) з метою його всебічного вивчення. Аналіз, розкладаючи предмети на частини і вивчаючи кожну з них, повинен обов'язково розглядати їх не самі по собі, а як частини єдиного цілого.

Синтез – фактичне або уявне відтворення цілого з частин, елементів, сторін і зв'язків, виділених за допомогою аналізу. За допомогою синтезу ми відновлюємо предмет як конкретне ціле в усьому розмаїтті його проявів. У природничих науках аналіз і синтез застосовуються не тільки теоретично, але і практично. У соціально-економічних і гуманітарних дослідженнях предмет дослідження піддається лише уявному розчленуванню і возз'єднанню. Аналіз і синтез як методи наукового і дослідження виступають в органічній єдності.

Особливості методів сучасного експериментально-математичного природознавства

Індукція – метод дослідження і спосіб міркування, в якому загальний висновок про властивості предметів і явищ будується на основі окремих фактів. Так, наприклад, перехід від аналізу фактів, явищ до синтезу отриманих знань здійснюється методом індукції. За допомогою індуктивного методу можна отримати знання не достовірно, а ймовірно, причому різного ступеня точності.

Дедукція – це перехід від загальних міркувань або суджень до окремих. Виведення нових положень за допомогою законів і правил логіки. Дедуктивний метод має першорядне значення в теоретичних науках як знаряддя їх логічного упорядкування та побудови, особливо коли відомі істинні положення, з яких можна отримати логічно необхідні наслідки.

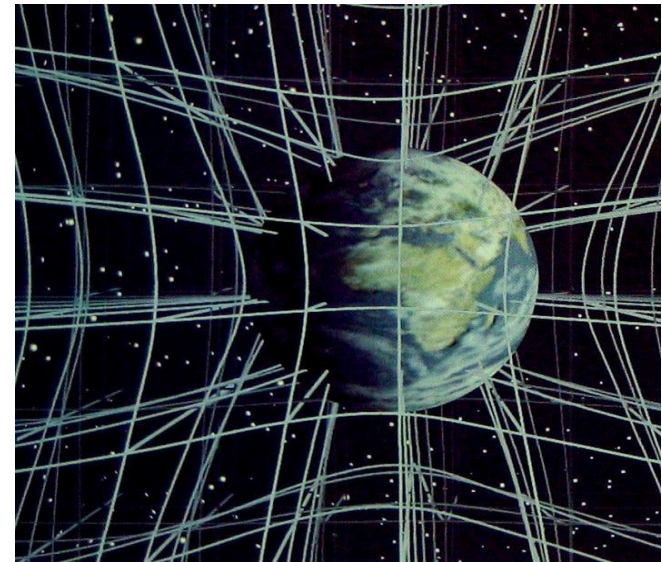
Узагальнення – логічний процес переходу від одиничного до загального, від менш загального до більш загального знання, при цьому встановлюються загальні властивості і ознаки досліджуваних об'єктів. Отримання узагальненого знання означає більш глибоке відображення дійсності, проникнення в її сутність.

Аналогія – прийом пізнання, який являє собою умовивід, в ході якого на основі подібності об'єктів в одних властивостях, зв'язках робиться висновок про їх подібність і в інших властивостях, зв'язках. Умовивід за аналогією грає істотну роль у розвитку наукового пізнання. Багато важливих відкриттів у сфері природознавства були зроблені шляхом перенесення загальних закономірностей, властивих одній області явищ, на явища іншої області. Так, Х. Гюйгенс на підставі аналогії властивості світла і звуку дійшов висновку про хвильову природу світла; Дж.К. Максвелл розповсюдив цей висновок на характеристику електромагнітного поля.

Особливості методів сучасного експериментально-математичного природознавства

Математизація – це проникнення апарату математичної логіки в природничі та інші науки. Математизація сучасного наукового знання характеризує його теоретичний рівень. За допомогою математики формулюються основні закономірності розвитку природничо-наукових теорій. Математичні методи знаходять широке застосування і в соціально-економічних науках. Створення (під безпосереднім впливом практики) таких галузей як лінійне програмування, теорія ігор, теорія інформації і поява електронних математичних машин відкриває абсолютно нові перспективи.

Абстрагування – метод пізнання, при якому відбувається уявне відкидання тих предметів, властивостей і відношень, які ускладнюють розгляд об'єкта дослідження в «чистому» вигляді, необхідному на даному етапі вивчення. За допомогою абстрагуючої роботи мислення виникли всі поняття, категорії природничих і соціально-економічних наук: матерія, рух, маса, енергія, простір, час, рослина, тварина, біологічний вид, товар, гроші, вартість тощо.



Етика науки і соціальна відповідальність вченого

Етика науки - комплекс цінностей і норм, прийнятих в науковому співтоваристві і визначають поведінку вченого.

До основних принципів відносяться:

універсалізм - результати наукових досліджень не залежать від «позанаукових» особливостей вченого;

колективізм - наукове знання повинно ставати надбанням наукової спільноти;

безкорисливість - найголовніший стимул наукового дослідження - це пошук істини;

організований скептицизм - дуже бажано перевіряти дані, на які спираються дослідження.

З другої половини ХХ в. в європейській культурі виділяються основні параметри сприйняття науки:

1) принцип свободи наукового дослідження;

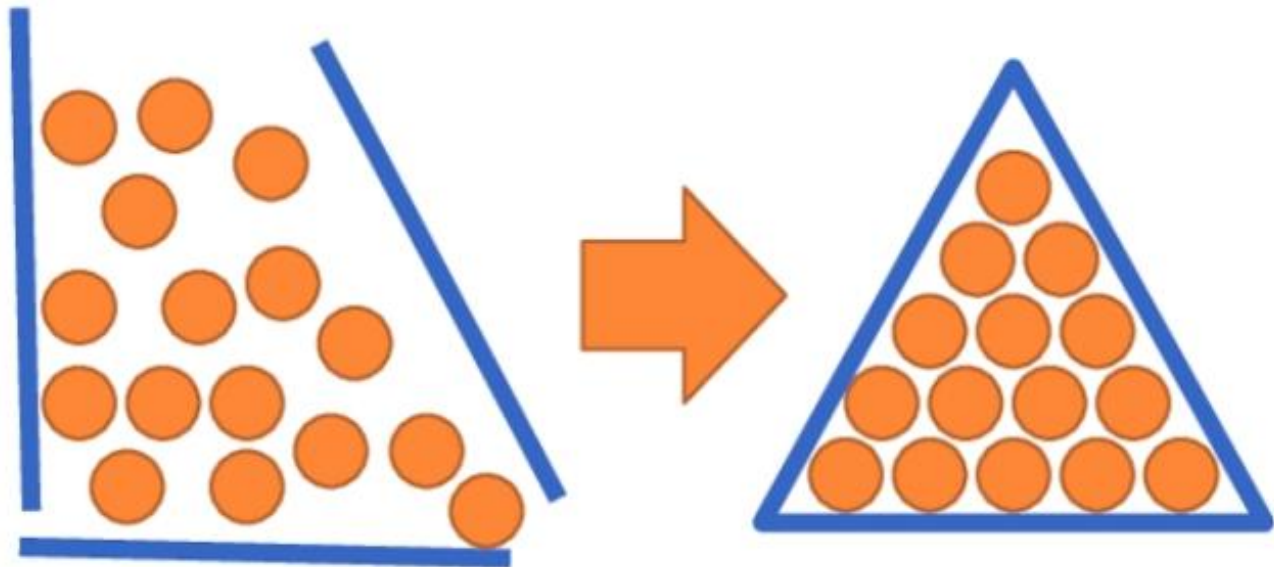
2) вимога соціальної відповідальності наукового співтовариства за результат дослідження.

Однією з актуальних стратегій стає розробка **етики науки**. У предметне поле наукових досліджень залучаються т.зв. антропорозмірні системи, в структурі яких в якості основного елемента виступає людина. Саме тому актуалізується сфера моральної компетенції та відповідальності вченого не тільки за результат, а й форми проведення наукових експериментів. (Як приклад, що демонструє необхідність етичної регуляції наукових досліджень, можна вказати на феномен клонування). Істотні зміни стали відбуватися у зв'язку з орієнтацією науки на глобальні проблеми. Насамперед - екологічну. Ця проблема стає предметом дослідження не тільки екології, а й багатьох гуманітарних і природничих наук. Саме проблема коеволюції суспільства і природи стає каталізатором інтеграції екології з іншими областями знання і сучасних міждисциплінарних досліджень. Фізична екологія, екологічне право - свідчення екологізації сучасної науки.

Лекція 2

КОНЦЕПЦІЯ СИСТЕМНОСТІ

1. Поняття системи.
2. Класифікація систем
3. Функції систем
4. Концепції елементів системи
5. Самоорганізація і синергетика. Парадигма самоорганізації
6. Становлення синергетики
7. Характеристики самоорганізованих систем
8. Основні положення синергетики
9. «Теорія хаосу»
10. Кібернетика



Система - комплекс елементів, об'єднаних строго певними зв'язками і функціонують як єдине ціле. Слово «*система*» грецького походження перекладається як «ціле, що складається з частин чи єдність множинного».

Починаючи від атомів і елементарних частинок і закінчуючи Всесвітом в цілому ми можемо розглядати об'єкти пізнання як системи. *Нежива матерія, жива клітина, людина, галактика - все це системи різного ступеня складності або, як кажуть вчені, різних рівнів організації.*

В основу будь-якої класифікації повинна бути покладена концепція, що пояснює явища, що класифікуються.

Класифікація - це багатоступінчастий, розгалужений розподіл логічного обсягу поняття. У результаті створюється система супідрядних понять: ділене поняття – рід, нові поняття - види, види видів (підвиди) і т.д.



Субстанціональний рівень системи:

1) за природою системи:

- **фізична** (сукупність фізичних елементів, інтегрованих на фізичних законах, напр. поїзд, міст, космічні об'єкти);
- **технічна** (сукупність деталей, технічних пристроїв, напр. верстат, конвеєр, технічний пристрій);
- **кібернетична** (безліч взаємозалежних об'єктів елементів системи, здатних сприймати, запам'ятовувати й переробляти інформацію, а також обмінюватися інформацією (автопілот, регулятор температури в холодильнику, ЕОМ, людський мозок, живий організм, біологічна популяція, людське суспільство));
- **хімічна** (безліч елементів, взаємозалежних хімічними зв'язками (молекула, хімічна сполука));
- **біологічна** (організми або їхні співтовариства (рослина, тварина);
- **соціальна** (суспільство або його складова, що розвивається як ціле – (держава, економіка, законодавство));
- **інтелектуальна** (знання, способи пізнання й мислення (методи наукового пізнання, математика));

2) за способом існування системи:

- **абстрактна** (єдність деяких символів або знаків (теорія, система обчислення));
 - **матеріальна** (сукупність матеріальних явищ (місто, гірська система));
-

3) **за характером детермінації:**

- **стохастична**, імовірнісна (поводження носить імовірнісний характер (ціноутворення, гра));
- **детермінована** (поводження визначене (падіння предметів));

4) **за походженням систем:**

- **природна** (виникає й розвивається природно, без втручання людини);
- **штучна** (виникає й розвивається завдяки людині);
- **природно-штучна** (виникає й розвивається природно й шляхом втручання людини);

5) **за масштабами:**

- **мікромасштабна** (відносно невелике утворення (мала або контактна група, віруси));
- **макромасштабна** (значне за розміром утворення);
- **метасистема** (надвелике утворення (суспільство, планета));
- **мегасистема** (нескінченне за розміром утворення (Всесвіт)).



Рівень будови системи:

1) за кількістю елементів:

- **одноклітинна** (складається з одного елемента (Земля, клітина));
- **бінарна** (складається із двох елементів (Земля — Місяць));
- **тринарна** (складається із трьох елементів (системи - трикутники));
- **чотирьохелементна** (складається із чотирьох елементів (футбольне поле));
- **багатоелементна** (складається з багатьох елементів (план міста));

2) за ступенем відкритості:

- **відкрита** (відкрита для впливу зовнішнього середовища (демократичне суспільство));
- **закрита** (закрита для впливу зовнішнього середовища (тоталітарне суспільство));

3) за характером взаємодії елементів:

- **координаційна** (елементи відрізняються рівноправністю (дружба, відділи одного рівня в системі керування));
- **ієрархічна** (елементи супідрядні (система керування));
- **координаційно-ієрархічна** (поєднує рівноправні й нерівноправні елементи (суспільство));

4) за ступенем організованості:

- **недостатньо організована система, або хаос-система** (перехідна економіка, підприємство, що реорганізується, криза);
 - **сумативна** (нерозвинена взаємодія між елементами (імперія Олександра Македонського));
-

- **організована** (виражені організаційними структурами (уряд, підприємство));
- **заорганізована** (однозначно визначене поведження елементів (армія, в'язниця));

5) **за ступенем складності системи:**

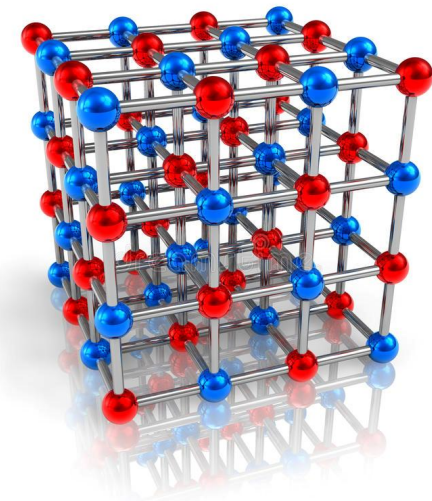
- **проста** (складається з невеликого числа елементів і зв'язків між ними (телефонний абонент));
- **складна** (містить у собі велике число простих систем (телефонна станція));
- **надскладна** (містить у собі велике число складних систем (телефонний зв'язок));

6) **за типом структури:**

- **лінійна** (лінійна структура взаємозв'язку елементів (ланцюг, ділянка метро));
- **стілєникова** (розгалужені зв'язки, безліч шляхів проходження інформації (зв'язок));
- **ієрархічна** (супідрядність елементів (влада));
- **змішана** (наявність всіх типів структури (підприємство));

7) **за наявністю інформації про будову системи:**

- **"чорний ящик"** (з невідомою будовою);
- **"сірий ящик"** (з наявністю деякої інформації про її будову);
- **"білий ящик"** (з відомою будовою).



Рівень розвитку системи:

1) за здатністю пристосовуватися:

- **адаптивна** (здатність пристосовуватися, не втрачаючи своєї ідентичності (встигаючі студенти першого курсу));
- **неадаптивна** (не має здатність пристосовуватися (невстигаючі студенти першого курсу));

2) за здатністю до руху (швидкість):

- **статична** (статичного, немінливого утворення (скеля));
- **динамічна** (характеризується змінюваністю (економіка найбільш розвинених країн));

3) за вектором розвитку:

- **висхідного розвитку** (властиве зростання показників розвитку з тією або іншою швидкістю (економіка періоду підйому, політики з наростаючими рейтингами));
 - **спадна** (властиве падіння показників розвитку з тією або іншою швидкістю (кризова економіка, політики з падаючою підтримкою електорату));
 - **стабільна** (властиве збереження показників (системи стійкого розвитку));
-

4) **за здатністю до самовідтворення:**

- **неорганічна** (нездатність до самовідтворення (механічні, технічні системи));
- **органічна** (здатність до самовідтворення (організми));

5) **за етапом розвитку:**

- **система-зародок** (перебуває в стадії виникнення (зародки));
- **дитяча** (на стадії становлення (дитина, нова держава));
- **молода** (в процесі досягнення зрілості (молодь, молода держава));
- **зріла** (відповідає всім якостям зрілості (людина середнього віку, розвинена демократична держава));
- **кризова** (в процесі падіння показників, руйнування й перебудови (кризова економіка));
- **перехідна** (переходить із одного стану в інше (українська економіка));
- **деградуєча** (домінування процесів погіршення показників і руйнування (економіка України початку 90-х років));

6) **за траєкторією розвитку:**

- **лінійна** (підкоряється лінійній функції розвитку (лінійні залежності));
 - **нелінійна** (підкоряється нелінійним функціям розвитку (населення планети))
-

Функція в перекладі з лат. означає “виконання” – це спосіб прояву активності системи, стійкі активні взаємини речей, при яких зміни одних об'єктів приводять до змін інших.

Під **функцією системи** звичайно розуміють:

- дія системи, її реакція на середовище;
- безліч станів виходів системи;
- при описовому або дескриптивному підході до функції вона виступає як властивість системи, що розгортається в динаміку; - як процес досягнення мети системою;
- як погоджені між елементами дії в аспекті реалізації системи як цілого;
- траєкторію руху системи, що може описуватися математичною залежністю, формулою, що зв'язує залежні й незалежні змінні системи.

Функції виражають поведінку системи, причому ця поведінка при позначенні її функцією стає впорядкованою, закономірною і організованою. Тому функції є напрямками активності системи, що взаємодіє із середовищем. **Функція** – це, насамперед, прояв властивостей системи.

Розглянемо функції систем.



Зовнішні функції можуть бути декількох видів:

- **перетворювальні** функції властиві для творчих систем, які перетворюють навколишнє середовище, приводять її у відповідність зі своєю сутністю. Це характерно в цілому ряді випадків для діяльності людини, що впорядковує природний хаос.
 - **пасивні** функції - пасивне існування системи як матеріалу для інших систем. Таке існування системи короткочасний період часу, що найчастіше пов'язаний із кризами системи. Його не можна вважати нефункціональним. Система однаково функціональна, оскільки віддає себе хаосу, що оточують системам.
 - **споживчі** функції властиві для систем, які одержують із навколишнього середовища речовину, енергію, інформацію. Відкрита система не може існувати без споживання речовини, енергії й інформації з навколишнього середовища, що забезпечує її існування й розвиток.
 - функції **поглинання** — виживання поглинання, експансія інших систем і середовища. Ці функції характеризують систему як дуже активне утворення, що не просто перебуває в стані спонтанної взаємодії із середовищем, а активно поглинає з оточення системи і їхні елементи.
 - **адаптивні** функції характерні для широкого спектра адаптивних систем, що володіють здатністю пристосовуватися. Вони забезпечують узгодження системи з її оточенням, взаємна зміна поведження.
-

- **обслуговуючі** функції - обслуговування системи більше високого порядку. Це той випадок, коли система займає певне місце в ієрархії, що й визначає її обслуговуючу роль верхніх рівнів ієрархії й одержання послуг з боку нижніх рівнів. Оскільки досягнення мети або цільового стану може бути забезпечене за допомогою руху за деякими траєкторіями, виникає питання про кращу або оптимальну траєкторію.

Внутрішні функції системи визначаються тим, що виконання системою зовнішньої роботи неминуче приводить до кореляції цілей, речовини, енергії, інформації. Налагодження обміну з навколишнім середовищем вимагає постійного регулювання елементів, взаємозв'язків між ними й т.п.

Різновиди внутрішніх функцій:

- **розпорядницька**, тобто закріплення за елементами й підсистемами певних дій;
 - **координації** й узгодження, завдяки яким відбуваються спільні дії елементів;
 - **субординації** або супідрядності, що припускають розподіл між елементами координаційних відносин;
 - **контролююча**, тобто здійснююча перевірку відповідності дії певній нормі;
 - **цілеполягаюча**, тобто та, що визначає мету функціонування й розвитку системи.
- Реалізація внутрішніх функцій забезпечується **природою системи**. Якщо це живий організм, то відбувається його біологічна внутрішня саморегуляція. Якщо виробнича організація, то в ній працюють цілі, мотиви, цінності, установки людей. Найважливіша роль внутрішніх функцій укладається в тім, що вони забезпечують необхідну для зовнішнього функціонування внутрішню динаміку системи.
-

Два основні підходи до вивчення систем

При першому з них вважається, що визначальним чинником для функціонування системи є **елементи**, при другому таким фактором вважаються **відносини між елементами**. Перший підхід отримав назву

концепції елементів,

другий –

концепції відносин.



Засновники атомістичної школи

Левкіпп і Демокріт - два філософи античності, яких вважали засновниками атомістичної школи, і тому вони є найважливішими представниками. Немає згоди щодо того, хто з них був творцем або що сприяло атомізму, хоча Арістотель віддає всю заслугу Левкіппу, вчителю Демокріта. Те, що відомо про ідеї Левкіппа та Демокріта, пережило з плином часу завдяки працям інших вчених, таких як **Арістотель**, **Діоген** або **Теофраст**, серед інших.

Платон був одним з перших, хто виступив проти атомізму, оскільки він стверджував, що атоми, що стикаються з іншими атомами, не можуть створити красу і форму світу. Натомість **Платон** висловив думку про існування чотирьох стихій: **вогню, повітря, води та землі**.

Арістотель, у свою чергу, підтвердив, що ці чотири елементи не були зроблені з атомів і що існування порожнечі, як підтверджується атомізмом, порушувало фізичні принципи.

Арістотель був першим представником руху, який відійшов від ідей атомістської школи.

Пізніше з'явився **Епікур**, якого також називали Епікуром із Самосу, грецьким філософом, який визначив себе послідовником атомізму Демокріта. Він сумнівався, як природні явища (землетруси, блискавки, комети) можна пояснити теорією Арістотеля.

Постаті в сучасності атомізму

Інтерес до атомізму знову з'явився в 16-17 століттях. [Ніколас Коперник](#) та [Галілео Галілей](#) перетворили в атомізм деякі наукові досягнення, які почали суперечити аристотелівським теоріям, що домінували на той час.

Інші філософи, такі як англійський [Френсіс Бекон](#), [Томас Гоббс](#) та [Джордано Бруно](#), деякий час вважалися атомістами. Однак більша частина визнання відродження атомістської школи дістається французам [Рене Декарту](#) та [П'єру Гассенді](#).

[Декарт](#) заявив, що все фізичне у Всесвіті складається з маленьких корпускул матерії; і що такі відчуття, як смак і температура, спричинені формою та розміром цих маленьких шматочків речовини. Ця ідея Декарта мала багато спільного з атомізмом, хоча для Декарта не могло існувати вакууму.

Тоді [Роджер Боскович](#) відповідав за створення у 18 столітті першої математичної теорії атомізму. Нарешті, саме [Джон Далтон](#) розробив атомну теорію та її постулати.

Він вперше запропонував, щоб кожен хімічний елемент складався з атомів унікального типу і що їх можна поєднувати, утворюючи нові, більш складні структури.

Постулати атомної теорії Дальтона

Щоб краще пояснити, як формувалася матерія, Дальтон розробив деякі постулати чи принципи. Ці постулати були прийняті протягом більшої частини ХІХ століття, але подальші експерименти довели, що деякі з них були невірними.

- 1 - Вся речовина складається або складається з нероздільних частинок, які називаються атомами.
 - 2-Атоми одного і того ж елемента схожі за формою та вагою, але відрізняються від атомів інших елементів.
 - 3-атоми неможливо створити, а також знищити.
 - 4-з'єднані атоми можуть утворюватися, коли атоми різних елементів поєднуються між собою.
 - 5-атоми одного і того ж елемента можуть поєднуватися більш ніж одним способом, утворюючи два або більше складних атомів.
 - 6-Атом - це найменша одиниця речовини, яка може брати участь у хімічній реакції.
- З цих постулатів вже було показано, що той, хто говорить про концепцію неподільності атома, стверджує щось неправильне, оскільки його можна поділити на протони, нейтрони та електрони. Другий постулат також був виправлений, оскільки атоми деяких елементів змінюються за масою або густиною, і відомі як ізотопи.
-



Чотири стихії

Теорію чотирьох стихій першим почав розробляти **Емпедокл**, який вважав, що елементи матеріальні і наділені властивостями філії (любові) і фобії (ворожнечі); ці дві протилежності, властиві всім тілам, і провокують рух матерії. Пізніше концепція чотирьох стихій розвивалася такими видатними філософами, як **Платон** і **Аристотель**. За Платоном, елементи, які є різними проявами первинної матерії, здатні до взаємоперетворення.

Платон наводив за приклад геометрію багатогранників для пояснення таких властивостей матерії, як *твердість, плавкість, повітродібність, вогнеподібність*. При цьому землі відповідав **куб**, воді — **ікосаедр**, повітрю — **октаедр**, вогню — **тетраедр**. П'ятому можливому правильного багатограннику — **додекаедру**, на думку Платона, відповідав п'ятий елемент, який Бог-Творець використовував, щоб створити небесні тіла.



Чотири стихії

За Аристотелем, кожен елемент є одним зі станів єдиної першоматерії — певне поєднання основних якостей — тепла, холоду, вологості і сухості:

Тепло + сухість = Вогонь

Тепло + вологість = Повітря

Холод + вологість = Вода

Холод + сухість = Земля.

У натурфілософії Аристотеля також передбачалося існування п'ятого елемента, (квінтесенції) — ефіру, або початку руху. Геоцентрична космологія Аристотеля включала припущення, що навколо центру Всесвіту (центру Землі) розташовані послідовно сфери чотирьох елементів у порядку зменшення їх тяжкості — землі, води, повітря і вогню; вище їх розташовані небесні сфери. Згідно до уявлень сучасної науки, цим чотирьом елементам можна приблизно зіставити чотири агрегатних стани речовини відповідно: тверде, рідке, газоподібне і плазма.

Поняття літосфера, гідросфера, атмосфера і магнітосфера також можна зіставити з аристотелевськими сферами чотирьох елементів.





Чотири стихії

Відповідно до індійської філософії, оточуючий нас матеріальний світ є ілюзією. Ця ілюзія виникає зсередини людини, проектуючи з його чакр, нижні п'ять з яких є вмістищами першоелементів (стихій):

Муладхара-чакра — містить металемент *Землі*, який відповідає твердому агрегатному стану речовини. Вона проектує навколо людини ту частину матеріального світу, яку він може відчувати через свій дотик

Свадістана-чакра — містить металемент *Вогню*, який відповідає агрегатному стану речовини плазма. Вона проектує навколо людини ту частину матеріального світу, яку він може відчувати через свій зір.

Набі-чакра — містить металемент *Води*, який відповідає рідкому агрегатному стані речовини. Вона проектує навколо людини ту частину матеріального світу, яку він може відчувати через свій смак.

Анахата-чакра — містить металемент *Повітря*, який відповідає газоподібному агрегатному стані речовини. Вона проектує навколо людини ту частину матеріального світу, яку він може відчувати через свій нюх.

Вишуддха-чакра — містить металемент *Ефіру*, який відповідає хвильовому агрегатному станом речовини. Вона проектує навколо людини ту частину матеріального світу, яку він може відчувати через свій слух.

Чакри представляють із себе диски з інформацією, які повільно повертаються за годинниковою стрілкою і проектують навколо людини постійно мінливу «реальність». Оскільки чакри пов'язані між собою енергетичними каналами, то проєкції різних чакр абсолютно скорельовані. Тобто, там, де можна «помацати», там можна і «побачити».

Відкриті системи – обмінюються з оточуючим середовищем і речовиною, і енергією.

Закриті – обмінюються з оточуючим середовищем енергією і не обмінюються речовиною.

Замкнені (ізольовані) – не обмінюються з оточуючим середовищем ані речовиною, ані енергією.

Екстенсивні параметри – ті, що залежать від розмірів системи. Для них характерна адитивність (об'єм, маса, внутрішня енергія тощо).

Інтенсивні параметри – ті, що не залежать від розмірів системи. Для них характерне вирівнювання (усереднення) (тиск, температура, ентропія тощо).



Прості і складні «високоорганізовані» структури можуть спонтанно виникати з початкового безладу, поступово розвиваючись і еволюціонуючи. Цей процес отримав назву «самоорганізації».

Тобто **самоорганізація** – це процес мимовільного виникнення, відносно стійкого існування і саморуйнування макроскопічних упорядкованих структур.

Механізми формування і руйнування структур, переходу від хаосу до порядку і назад не залежать від конкретної природи елементів або підсистем. Вони притаманні і світу природних, і світу соціальних процесів.

Вирішальне значення для створення теорії самоорганізації мали розвиток і розробка методології наступних дисциплін:

- термодинаміки необоротних процесів у відкритих системах;
- нелінійної механіки, електрофізики і фізики лазерів;
- хімічної кінетики нерівноважних процесів;
- нелінійної динаміки популяцій і екології;
- нелінійної теорії регулювання, кібернетики і системного аналізу.



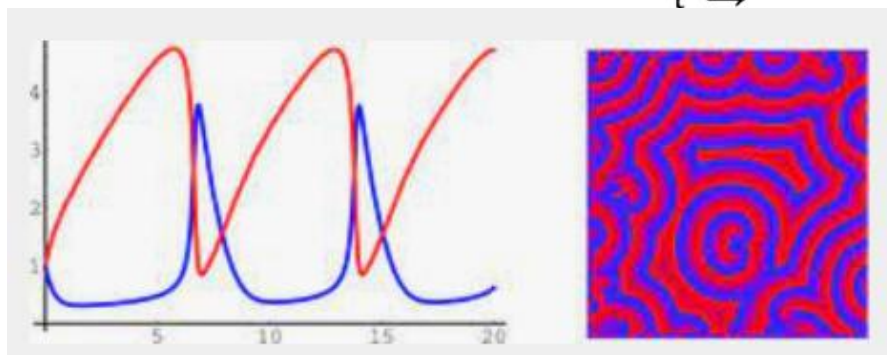
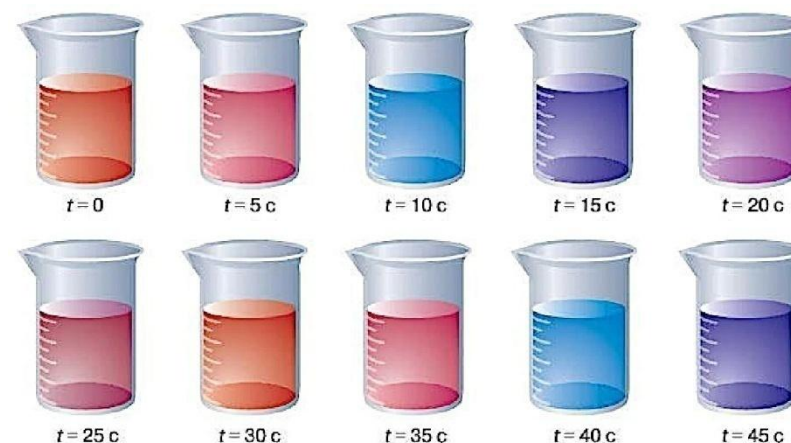
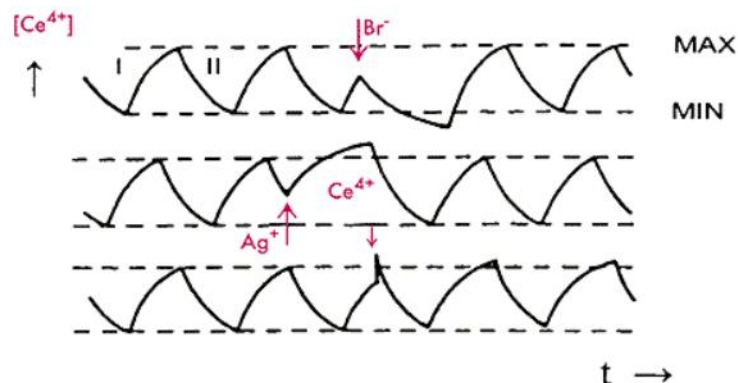
На стику інтересів фізики, хімії, біології, а також соціології та філософії в другій половині ХХ століття виникла нова наука **синергетика** (від грецького synergos – спільно діючий) – наука про самоорганізацію фізичних, біологічних і соціальних систем.

Автор самого терміна «**синергетика**» німецький фізик Герман Хакен досліджував механізми кооперативних процесів, які відбуваються в твердому лазері. Він з'ясував, що частинки, що становлять активне середовище резонатора, під впливом зовнішнього світлового поля починають коливатися в одній фазі. У результаті цього між ними встановлюється когерентна взаємодія, яке в кінцевому підсумку призводить до їх кооперативної поведінки.

Приклади:

У хімії відкриті коливальні реакції, що йдуть за принципом «**хімічного годинника**». Причому рушійною силою самоорганізованих реакцій може виступати така непомітна на перший погляд сила, як гравітаційне поле Землі. Коливальна хімічна система, названа брюсселятором, вивчена радіохіміком Б.П. Білоусовим та біофізиком А.М. Жаботинським. При вільному надходженні в таку систему хімічних субстратів і за наявності в ній каталізаторів відбувається реакція, продукти якої видаляються, звільняючи місце для надходження нової порції субстрату. Реакція йде по замкнутому циклу і в результаті зміни концентрації реагуючих речовин супроводжується утворенням характерних просторових структур – у вигляді розбіжних кілець на реакційній поверхні. Складається враження пульсуючої хімічної системи.

У 1951 році Б.П.Белоусов відкрив коливну хімічну реакцію в однорідному розчині – окислення лимонної кислоти броматом калію, причому в ролі каталізатора виступають іони церію 3+ та 4+. У процесі цієї реакції розчин періодично змінює своє забарвлення – стає то безбарвним, то жовтим. Це пов'язано зі зміною концентрації іонів та відношення концентрацій іонів Ce^{4+} (жовтий колір) та Ce^{3+} (безбарвний). Період коливань складає (в залежності від умов, у першу чергу – кислотності та температури) від 10 до 100 с. Коливання тривають приблизно протягом години і з часом згасають. Згасання пов'язане з тим, що система замкнена, і в неї не надходять речовини, необхідні для протікання реакції. Форма коливань може бути як квазігармонічною, так і суттєво несинусоїдальною. Іноколи спостерігаються стохастичні коливання.

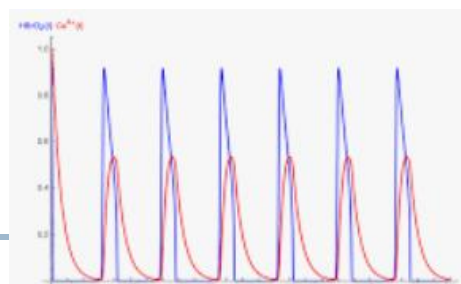
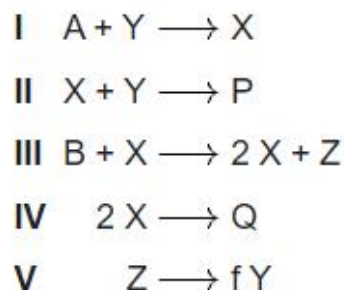


Жаботинський запропонував інші варіанти окислювачів та каталізаторів, які давали ефектніші кольори (фіалково-червоний – яскраво синій).

Статтю Белоусова з описом цієї реакції двічі відхиляли редакції академічних хімічних журналів, і вона була надрукована лише в 1958 році у вузьковідомчому збірнику. Неприйняття робіт Белоусова пов'язане з тим, що, на думку більшості тогочасних дослідників, вони суперечили другому початку термодинаміки, як його тоді розуміли. Коли ж у середині 1950 років з'явилися роботи [І.Р. Пригожина](#) з нерівноважної термодинаміки, які, зокрема, передбачали можливість хімічних реакцій коливного типу в системах, далеких від термодинамічної рівноваги, інтерес до робіт Белоусова стрімко зріс.

Пізніше (з 1961 року) дослідження коливних хімічних реакцій продовжив [А.М.Жаботинський](#). Саме за його провідної участі було з'ясовано механізм реакції. Він же запропонував інші варіанти окислювачів та каталізаторів, які давали ефектніші кольори (фіалково-червоний – яскраво синій).

В загальному вигляді **реакцію Белоусова - Жаботинського** можна уявити собі як набір двох частин – окислення іонів церію до Ce^{3+} , та їх наступного відновлення до Ce^{4+} . Обидві ці реакції відбуваються в присутності каталізаторів та окислювачів. Серед проміжних реакцій є й автокаталітичні. Але питання про те, які саме речовини забезпечують автокаталіз, досі залишається нез'ясованим. Це пов'язано зі складністю реальної системи, яка містить не один десяток проміжних компонентів. Тому було запропоновано ряд спрощених моделей, які дають якісно подібний результат. Однією з таких моделей є запропонована Р.Філдом, Е.Кересом та Р.Нойесом (1972) модель орегонатора (один з різновидів механізму коливальних хімічних реакцій, що включає наступні реакції)





Стовпчасті базальти



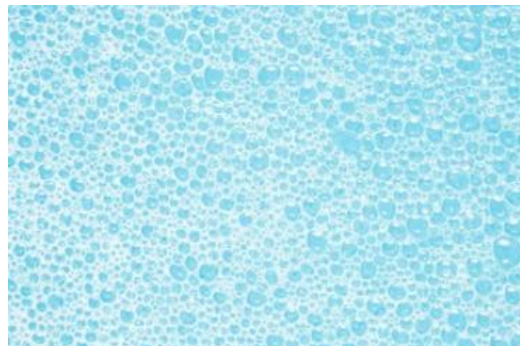
Соти



Генетична пам'ять меду



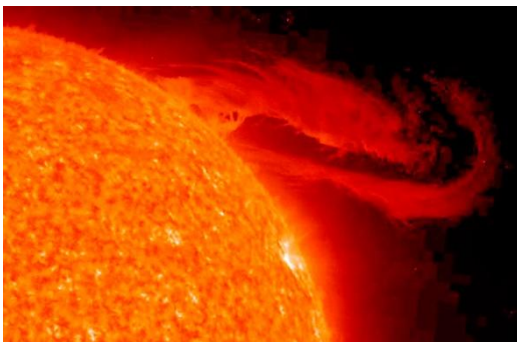
Стовпчасті базальти



Мильна піна



Хмари



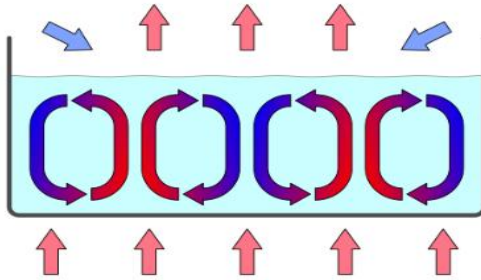
Сонце



Осушені болота



Кипіння масла у сковорідці



Комірки Бенара або **Релея — Бенара** — упорядковані конвективні комірки у формі циліндричних валів або правильних шестигранних структур в шарі в'язкої рідини з вертикальним градієнтом температури, тобто в середовищі з рівномірним підігрівом знизу.

Керівним параметром самоорганізації служить **градієнт температури**. Внаслідок підігріву в спочатку однорідному шарі рідини починається дифузія, внаслідок чого виникають неоднорідності густини. При подоланні деякого критичного значення градієнту, дифузія не встигає призвести до однорідного розподілу температури в об'ємі. Виникають циліндричні вали, що обертаються назустріч один одному (як зчеплені шестерні). При збільшенні градієнту температури виникає другий критичний перехід. Для прискорення дифузії кожен вал розпадається на два вали меншого розміру. При подальшому збільшенні керуючого параметра вали дробляться і в об'ємі виникає турбулентний хаос, що чітко видно на біфуркаційній діаграмі або дереві Фейгенбаума.

У тонкому шарі при підігріві знизу утворюються комірки правильної гексагональної форми, усередині яких гаряча рідина підіймається в центрі й холодніша опускається гранями комірки. Така постановка експерименту історично була першою, однак тут насправді спостерігається конвекція Марангоні, що виникає за рахунок дії сил поверхневого натягу і залежності їх від температури рідини.

Світ самоорганізованих систем значно багатший, ніж світ закритих, лінійних систем. Разом з тим його складніше моделювати. Як правило, для розв'язання (наближеного) більшості нелінійних рівнянь (порядок вище першого), які тут виникають, необхідне поєднання сучасних аналітичних методів і обчислювальних експериментів. Синергетика відкриває для точного, кількісного, математичного дослідження такі сторони світу як його нестабільність, різноманіття шляхів зміни і розвитку, розкриває умови існування та сталого розвитку складних структур, дозволяє моделювати катастрофічні ситуації тощо.

Методами синергетики здійснено моделювання багатьох складних систем, що самоорганізуються: від морфогенезу в біології та деяких аспектів функціонування мозку до флаттера крила літака, від молекулярної фізики та автоколивальних процесів в хімії до еволюції зірок і космологічних процесів, від електронних приладів до формування громадської думки і демографічних процесів.

Основне питання синергетики – існування загальних закономірностей, що управляють виникненням самоорганізованих систем, їх структур і функцій.

Характеристики самоорганізованих систем

Основні властивості самоорганізованих систем – **відкритість, нелінійність, дисипативність**. Теорія самоорганізації має справу з відкритими, нелінійними дисипативних системами, далекими від рівноваги.

Відкритість. Нагадаємо, що об'єкт вивчення класичної термодинаміки – закриті системи, тобто системи, які не обмінюються з середовищем речовиною, енергією та інформацією, а центральним поняттям термодинаміки є **поняття ентропії**. Воно відноситься до закритих систем, що знаходяться в тепловій рівновазі, яку можна охарактеризувати температурою. Саме по відношенню до закритих систем були сформульовані два начала термодинаміки. *Відповідно до першого начала, в закритій системі енергія зберігається, хоча може набувати різної форми. Друге начало термодинаміки говорить, що в замкнутій системі ентропія не може спадати, а лише зростає до тих пір, поки не досягне максимуму.* Згідно цього начала, запас енергії у Всесвіті вичерпується, а весь Всесвіт неминуче наближається до «теплової смерті». Хід подій у Всесвіті неможливо повернути назад, щоб перешкодити зростанню ентропії. З часом здатність Всесвіту підтримувати організовані структури слабшає, і такі структури розпадаються на менш організовані, які більшою мірою наділені випадковими елементами. У міру того як вичерпується запас енергії і зростає ентропія, в системі нівелюються відмінності.

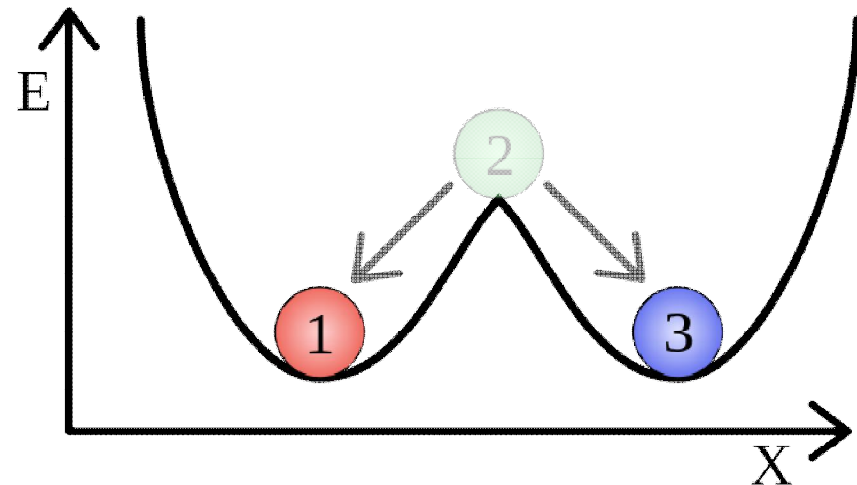
Це означає, що Всесвіт чекає все більш однорідне майбутнє.

Разом з тим вже в другій половині XIX ст., і особливо у XX ст., біологія, перш за все теорія еволюції Дарвіна, переконливо показала, що еволюція Всесвіту не призводить до зниження рівня організації та збіднення різноманітності форм матерії. Швидше, навпаки. Історія та еволюція Всесвіту розвивають її від простого до складного, від нижчих форм організації до вищих, від менш організованого до більш організованого. Інакше кажучи, старіючи, Всесвіт набуває все більш складнішої організації.

Характеристики самоорганізованих систем

Спроби узгодити друге начало термодинаміки з висновками біологічних і соціальних наук довгий час були безуспішними. Класична термодинаміка не могла описувати закономірності відкритих систем. Така можливість з'явилася тільки з переходом природознавства до вивчення відкритих систем.

Відкриті системи – це такі системи, які підтримуються в певному стані за рахунок безперервного припливу ззовні речовини, енергії або інформації, що зазвичай носить об'ємний характер, тобто відбувається в кожній точці даної системи. Так, у всіх компонентах біологічного організму (тканини, органи, клітини і т.д.) відбувається обмін речовин (за допомогою кровоносних судин, ендокринної та інших систем). Постійний приплив речовини, енергії або інформації є необхідною умовою існування нерівноважних, нестійких станів на протипагу замкнутим системам, що неминуче прагнуть (відповідно з другим началом термодинаміки) до однорідного рівноважного стану.



Характеристики самоорганізованих систем

Нерівноважність, нестійкість відкритих систем породжується постійною боротьбою двох тенденцій. Перша – це породження і зміцнення неоднорідностей, структурування, локалізації елементів відкритої системи. І друга – розсіювання неоднорідностей, «розмивання» їх, дифузія, деструктуралізація системи. Якщо перемагає перша тенденція, то відкрита система стає самоорганізованою, а якщо домінує друга – відкрита система розсіюється, перетворюючись в хаос. А коли ці тенденції приблизно рівні одна одній, тоді у відкритих системах ключову роль відіграють випадкові чинники, флуктуаційні процеси. Іноді флуктуація може стати настільки сильною, що існуюча організація руйнується.

Самоорганізована система характеризується величезним числом ступенів свободи. Однак далеко не всі ступені свободи системи однаково важливі для її функціонування. З плином часу в системі виділяється невелика кількість визначальних ступенів свободи, під які «підлаштовуються» інші. Такі основні ступені свободи системи отримали назву атракторів. Атрактори характеризують ті напрями, в яких здатна еволюціонувати відкрите нелінійне середовище. **Відкриті системи – необоротні, в них важливий фактор часу.**

Дисипативність. Відкриті нерівноважні системи, що активно взаємодіють із зовнішнім середовищем, можуть набувати особливого динамічного стану – дисипативності, тобто своєрідного макроскопічного прояву процесів, що протікають на мікрорівні. Нерівноважне протікання безлічі мікропроцесів набуває інтегративної результуючої на макрорівні, яка якісно відрізняється від того, що відбувається з кожним окремим її мікроелементом. Дисипація – це тенденція до розмивання організації, але в нелінійних, нерівноважних системах вона проявляє себе і через протилежну функцію – структуроутворення.

Завдяки дисипативності в нерівноважних системах можуть спонтанно формуватися нові типи структур, здійснюватися переходи від хаосу і безладу до порядку і організації, виникати нові динамічні стани матерії.

Характеристики самоорганізованих систем

У нелінійних (нерівноважних відкритих) системах постійно діє дисипативний фактор. Однак у силу вибіркості такої системи, її різної чутливості до різних впливів (і зовнішніх, і внутрішніх) дисипативний фактор діє також вибірково: він розсіює одні утворення і посилює інші, сприяючи тим самим їх структуруванню та локалізації.

Нелінійність. Але якщо більшість систем Всесвіту носить відкритий характер, то це означає, що у Всесвіті домінують не стабільність і рівновага, а нестійкість і нерівноважність. Внаслідок цього Всесвіт виявляється здатним до розвитку, еволюції, самоорганізації. Стабільні і рівноважні системи не здатні до самоорганізації. На нелінійні системи не поширюється принцип суперпозиції.

Процеси в нелінійних системах часто носять пороговий характер – при плавній зміні зовнішніх умов поведінка системи змінюється стрибкоподібно. Іншими словами, в станах, далеких від рівноваги, дуже слабкі збурення можуть посилюватися до гігантських хвиль, що руйнують сформовану структуру і сприяють її радикальній якісній зміні. **Для кожної системи існує якийсь оптимальний «коридор нелінійності», що сприяє структуроутворенню.** Дуже сильна нелінійність (так само як і дуже слабка) несумісна з утворенням локальних структур. Проте в межах тільки оптимального «коридору» посилення нелінійності збільшує кількість способів утворення і форм локальних структур, а також кількість варіантів еволюції системи. Нелінійні системи, будучи нерівноважними і відкритими, самі створюють і підтримують неоднорідності в середовищі. У таких умовах між системою і середовищем можуть іноді створюватися відносини зворотного позитивного зв'язку, тобто система впливає на своє середовище таким чином, що в середовищі виробляються умови, які в свою чергу зумовлюють зміни в самій цій системі (наприклад, в ході хімічної реакції виробляється фермент, присутність якого стимулює виробництво його самого). Наслідки такого роду взаємодії відкритої системи та її середовища можуть бути найнесподіванішими і незвичайними.

Спроби узгодити друге начало термодинаміки з висновками біологічних і соціальних наук довгий час були безуспішними. Класична термодинаміка не могла описувати закономірності відкритих систем. Така можливість з'явилася тільки з переходом природознавства до вивчення відкритих систем.

Теоретичне пояснення і математичну модель процесів самоорганізації дисипативних структур запропонував бельгійський фізико-хімік І.Р. Пригожин, який у 1977 р. за цю роботу отримав Нобелівську премію. Назвемо **основні положення синергетики**, що пояснюють механізм процесів, які самоорганізуються.

- Самоорганізована система повинна бути відкритою – доступною для обміну речовиною, енергією та інформацією із зовнішнім середовищем.
- Система повинна бути нерівноважною, тобто перебувати досить далеко від точки термодинамічної рівноваги, так як поблизу цієї точки настає необоротне скочування до рівноважного стану.
- Утворення нового порядку через флуктуації. В системі завжди виникають **флуктуації** – випадкові відхилення від середнього положення. За законами саморегуляції вони усуваються, але при достатній нерівноважності системи за рахунок вільної енергії відхилення посилюються, настає момент **біфуркації** – переломна точка у розвитку системи, за якою можливе стійке відхилення від попереднього стану.

Колишній порядок зникає, виникає і закріплюється новий порядок елементів у системі.



Основні положення синергетики

- Самоорганізація веде до нового порядку згідно з принципом зворотного позитивного зв'язку, за яким відхилення в системі не усуваються, а навпаки, закріплюються і посилюються.
- Самоорганізація веде до порушення симетрії – структура та властивості системи до і після точки біфуркації не симетричні, тобто відрізняються в наслідок незворотності процесів розвитку.
- Самоорганізація можлива при деякій критичній кількості елементів у системі, достатній для виникнення їх кооперативної поведінки. Шлях до нової якості можливий через зміну кількості.

Синергетика переконливо показує, що навіть в неорганічній природі існують класи систем, здатних до самоорганізації.

Історія розвитку природи – це історія утворення все більш складних нелінійних систем.

Такі системи і забезпечують загальну еволюцію природи на всіх рівнях її організації – від нижчих і найпростіших до вищих і надзвичайно складних (людина, суспільство, культура).



Теорія хаосу і невизначеності не нова. Її витoki беруть свій початок з кінця XIX ст. У хронології розвитку теорії хаосу першим дослідником проблеми названо російського математика А. М. Ляпунова, який у 1892 р. опублікував працю з описом проблеми стійкості руху, його меж і нелінійної динаміки. Французький математик Анрі Пуанкаре на основі тривалого систематичного вивчення дав перший математичний опис хаотичної системи. У XX ст. тривали інтенсивні «пошуки істини». З численних досліджень XX ст. виділимо два, що мали вплив на розвиток теорій ефективного ринку.

У 40-х роках російський математик А. Н. Колмогоров розробив теорію турбулентності (лат. *turbulentus* — бурхливий, безладний), що стала основою численних досліджень про **хаос**. Теорія західного філософа російського походження, **лауреата Нобелівської премії з хімії 1977 р. Іллі Пригожина присвячена дослідженню систем, що розсіюють енергію і породжують із хаосу новий порядок.**

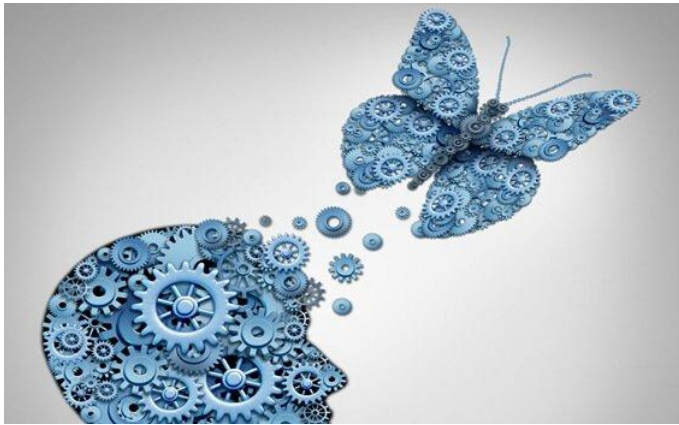
Теорія хаосу досліджує системи, динаміка яких залежить від початкових умов, що робить довгострокове прогнозування їх поведінки складним. Динаміка поведінки таких систем відповідає законам фізики та виглядає нерегулярною і називається детермінованим хаосом. **Детермінований хаос** – хаотична поведінка детерміністичної системи, яка проявляється через надзвичайно високу чутливість до початкових умов. Явище детермінованого хаосу неодноразово спостерігалось як в лабораторних умовах (в плазмі, електричних колах, лазерах, хімічних реакціях, рідинах, в низці механічних пристроїв), так і в природі (динаміка зростання популяцій та метеорологічні явища). Детермінований хаос виникає тоді, коли результати еволюції, що починаються із нескінченно малого околу певної початкової точки, покривають скінченну область у фазовому просторі, тобто коли незначне відхилення у початкових умовах призводить до значного відхилення у кінцевій точці.

Хаос – детермінована нелінійна динамічна система, що може продукувати результати, які здаються випадковими.

Хаотична система повинна мати фрактальну розмірність і виявляти чутливу залежність від початкових умов. Хаос є характерною рисою детермінованих динамічних систем. Складність полягає в тому, що ніхто не може мати всеосяжної інформації про ці початкові умови. Турбулентність розвитку фінансового ринку може здатися випадковою, але передумови її виникнення були закладені раніше. Питання полягає лише в тому, чи були відомі передумови турбулентності.

Нова наука про хаос визначається чіткими ключовими принципами:

- теорія хаосу додається до динамічних систем - систем з великою кількістю рухомих компонентів
 - всередині цих систем існує неперіодичний порядок, за зовнішнім виглядом безладна сукупність даних може піддаватись впорядкуванню в разові моделі
 - подібні "хаотичні" системи показують тонку залежність від початкових умов; невеликі зміни будь-яких умов на вході призведуть до дивергентних диспропорцій на виході
 - той факт, що існує порядок, допускає, що моделі можуть бути розраховані щонайменше для слабших хаотичних систем
-



Напевно ви коли-небудь чули чи бачили фільм про **ефект метелика**. Цей ефект впливає з китайського прислів'я, яке говорить наступне: "махання крил метелика можна відчутти на іншому боці світу". Це означає, що навіть найдрібніші деталі можуть призвести до інших абсолютно різних наслідків. Все, що ми робимо, може мати значний довгостроковий ефект з часом. Це можна екстраполювати як на рівні природи, так і на рівні людських дій та наших особистих дій.

Концепція ефекту метелика почалася з досвіду метеоролога Едварда Лоренца. Метеоролог назвав ефектом метелика в 1973 році через неможливість можливості робити цілком надійні довгострокові метеорологічні прогнози (помах крил комахи в Гонконзі може розгорнути цілу бурю в Нью-Йорку). Це пов'язано з тим, що в кліматі накопичується дія різних змінних, здатних змінювати атмосферну поведінку.



Коли ми говоримо про атмосферну систему та можливість опадів, необхідно проаналізувати багато змінних. Змінні, значення яких залежить від інших змінних, про які йдеться. Наприклад, температура в регіоні буде залежати від нахилу, з яким сонячні промені надходять з космосу. Це, в свою чергу, залежить від моменту поступального руху, який має наша планета щодо орбіти Сонця. Тому температури і залежать не тільки від того, що ми згадали, але й від інших змінних, таких як дія вітру, кількість парникових газів в атмосфері, відносна вологість повітря тощо.

Оскільки кожна змінна в свою чергу має пряму чи опосередковану залежність від інших змінних, утворюється такий собі хаос, який дуже важко передбачити через певний час.

Відкриття Лоренца спростувало уявлення про те, що всі процеси в світі підпорядковані жорстким законам, а причини чітко відповідають наслідкам. Помах крил метелика символізує дрібні зміни в первісному стані системи, які викликають ланцюжок подій, що ведуть до великомасштабних змін.

Метафора «Ефект метелика» в теорії хаосу виражає, що хаос - це передбачувана випадковість.

Навіть найменше втручання в минуле може стати причиною найнесподіваніших парадоксів в сьогодні.

Об'єкти, відправлені в минуле, неминуче змінять його найнепередбачуванішим чином, що стане причиною часового парадокса. Часові парадокси поділяються на кілька категорій.

Парадокс дідуся. Згідно з цим парадоксом, ви змінюєте минуле таким чином, що існування справжнього стає неможливим. Наприклад, відправившись у минуле, ви можете знищити свого предка, що робить ваше власне існування логічно неможливим.

Інформаційний парадокс. Згідно з цим парадоксом, інформація приходить з майбутнього, а це означає, що у неї немає початку. Наприклад, уявімо, що якийсь вчений створив машину часу і відправляється в минуле, щоб розповісти секрет подорожі в часі самому собі в юні роки. У цього секрету не буде початку, оскільки та машина часу, яку створить молодий вчений, не буде винайдена ним самим; секрет її конструкції буде переданий йому його старшим втіленням.

Парадокс «шахрая». Припустимо, людина знає, яким буде її майбутнє, і здійснює якийсь вчинок, що робить існування такого майбутнього неможливим. Наприклад, ви створюєте машину часу, яка може забрати вас в майбутнє, де виявляєте, що ви лікар і незадоволені своєю професією. Після повернення в даний час, ви вирішуєте стати астрофізиком, тим самим, роблячи неможливим існування побаченого майбутнього (стати лікарем). Це схоже на «парадокс дідуся», але на цей раз ви змінили майбутнє, яке вже бачили.

Найбільш значущим кроком у формуванні ідеї системного методу була поява кібернетики як загальної теорії управління в технічних системах, живих організмах і суспільстві. У рамках кібернетики вперше було ясно показано, що процес управління з загальної точки зору можна розглядати як процес накопичення, передачі і перетворення інформації. Саме ж управління можна відобразити за допомогою певної послідовності точних приписів – алгоритмів, за допомогою яких здійснюється досягнення поставленої мети.

Таким чином, наука, яка займається дослідженнями процесів управління складними системами зі зворотним зв'язком, отримала назву **кібернетики** (від грец. *kybernetik* – мистецтво управління). Вона виникла в 40-х рр. ХХ ст. на стику математики, техніки та нейрофізіології, і її цікавить цілий клас як живих, так і неживих систем, в яких існують механізми зворотного зв'язку. Батьком кібернетики по праву називають видатного американського математика Норберта Вінера, який в 1948 р. вперше сформулював основні ідеї і принципи цієї науки. Виникнення кібернетики було підготовлено всім попереднім розвитком науки – в першу чергу теорії автоматичного регулювання слідкуючих систем, техніки переробки і передачі інформації, теорії ігор і оптимальних рішень, фізіології (теорії рефлексів), медицини, математичної логіки, теорії алгоритмів і машин, радіоелектроніки та інших наук. Вирішальну роль у появі та розвитку кібернетики зіграла поява електронної автоматики і швидкодіючих ЕОМ.

У створенні кібернетики брали участь багато вчених: Д. Біглоу, К. Шеннон, І.М. Сеченов, І.П. Павлов, О.М. Ляпунов, А.А. Марков, А.М. Колмогоров та ін. Область застосування кібернетики визначив Н. Вінер: це машини, живі організми та їх об'єднання.

Кібернетика – це наука про управління в машинах, живих організмах і їх об'єднаннях на основі отримання, зберігання, переробки і використання інформації.

Кібернетика – це наука про управління в кібернетичних системах. *Кібернетичні системи* – це складні динамічні системи будь-якої природи (технічні, біологічні, економічні, соціальні, адміністративні) зі зворотним зв'язком. Складними динамічними системами називаються такі системи, які містять в собі безліч більш простих, взаємодіючих одна з одною систем та елементів, які змінюються, тобто під впливом певних процесів переходять з одного стійкого стану в інший.

Сутність управління, що базується на використанні зворотного зв'язку, була розроблена задовго до виникнення кібернетики – в рефлексній теорії І.М. Сеченова і І.П. Павлова. Ідея зворотного зв'язку була використана при створенні автоматичних регуляторів Уатта. Кібернетика сформулювала принцип зворотного зв'язку: без зворотного зв'язку неможливе управління складними динамічними системами. В даний час цей принцип свідомо кладеться в основу конструювання ЕОМ та інших технічних пристроїв. З урахуванням принципу зворотного зв'язку організовується управління (керівництво) підприємством з боку міністерства, промисловими підприємствами – з боку дирекції тощо.

Зворóтний зв'язóк (англ. feedback) — вплив результату функціонування будь-якої системи на характер її подальшого функціонування. Термін «зворотний зв'язок» використовують стосовно перебігу процесів у соціальних, біологічних, технічних, економічних та інших системах, а також у кібернетиці та теорії автоматичного регулювання та управління.

Одне з перших досліджень впливу зворотного зв'язку на результат функціонування системи було виконане Майклом Фарадеєм у популярній роботі «Історія свічки».

Позитивний зворотний зв'язок впливає на систему таким чином, що збільшує вихідний результат її функціонування. У теорії автоматичного управління позитивний зворотний зв'язок реалізується шляхом передачі на вхід системи частини вихідного сигналу таким чином, що сигнал зворотного зв'язку збігається у фазі з вхідним сигналом, що є еквівалентним збільшенню вхідного сигналу. В окремих випадках позитивний зв'язок може призводити до генерації в системі — **коли будь-яка флуктуація в системі передається на її вхід і підсилюється, завдяки чому в системі виникають незатухаючі коливання.**

Негативний зворотний зв'язок впливає на систему таким чином, що зменшує вихідний результат її функціонування. В теорії автоматичного управління негативний зворотний зв'язок реалізується шляхом передачі на вхід системи частини вихідного сигналу таким чином, що сигнал зворотного зв'язку знаходиться у протифазі з вхідним сигналом, що є еквівалентним зменшенню вхідного сигналу, та призводить до зниження коефіцієнта підсилення системи, але при цьому також підвищується стійкість системи та зменшується похибка та інерційність системи.

Жорсткий зворотний зв'язок діє в усталеному і перехідному режимах роботи системи, а **гнучкий зворотний зв'язок** діє тільки у перехідному режимі роботи системи, несе інформацію про швидкість змін в системі.

Загальний зворотний зв'язок формується за рахунок передачі результату функціонування всієї системи на її вхід, а **місцевий зворотний зв'язок** формується за рахунок передачі результату функціонування окремої ланки системи на вхід цієї ланки.

Крім того, розрізняють **зовнішній** зворотний зв'язок, який з'єднує вихід усієї системи з її входом, та **внутрішній** (місцевий), що з'єднує вихід окремого елемента або групи послідовно з'єднаних елементів з їх входом.

Нехай вхідний сигнал u та вихідний сигнал U певного об'єкта (чорної скриньки) зв'язано лінійним співвідношенням $U = ku$,

де k — коефіцієнт підсилення.

Якщо на вхід системи подати крім сигналу u ще й частково сигнал з виходу, так що загальний вхідний сигнал стане $u + \alpha U$

-певний коефіцієнт зворотного зв'язку, то отримаємо $U = k(u + \alpha U)$.

$$U = \frac{ku}{1 - k\alpha}$$

У такому разі вихідний сигнал визначатиметься формулою

При додатних значеннях α вихідний сигнал посилюватиметься, але стабільність падатиме. При $\alpha = 1/k$ вихідний сигнал стане нескінченно великим (насправді в такому разі система вийде з лінійного режиму). При від'ємних значеннях α підсилення зменшується й система стабілізується.

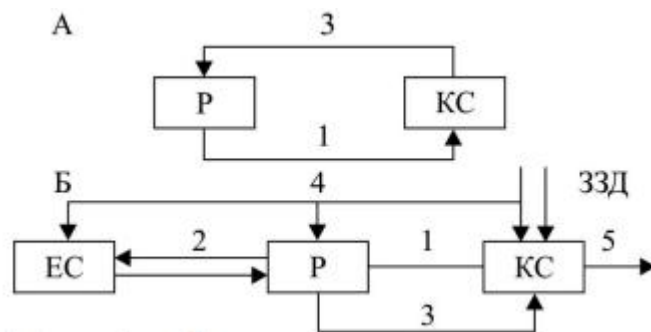
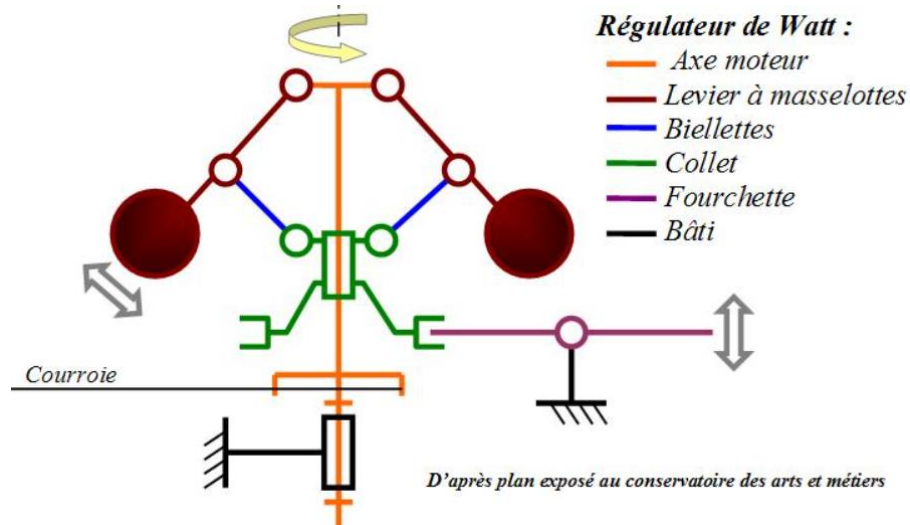


Схема функціонування саморегульованої системи: А) за В. М. Глушковим (Hlushkov, 1973), Б) за Ю. Г. Антомоновим (Antomonov, 1973); КС) керована система (об'єкт керування), Р) регулятор (керівна система), Е) еталонна система, ЗЗД) зовнішня збурювальна дія; 1-5) канали інформації: 1) прямий зв'язок, 2) порівняння керованої та еталонної систем, 3) зворотний зв'язок, 4) зовнішні чинники, що зумовлюють відхилення від програми, 5) вихід з керованої системи

Кібернетика – це наука про управління в кібернетичних системах. *Кібернетичні системи* – це складні динамічні системи будь-якої природи (технічні, біологічні, економічні, соціальні, адміністративні) зі зворотним зв'язком. Складними динамічними системами називаються такі системи, які містять в собі безліч більш простих, взаємодіючих одна з одною систем та елементів, які змінюються, тобто під впливом певних процесів переходять з одного стійкого стану в інший.

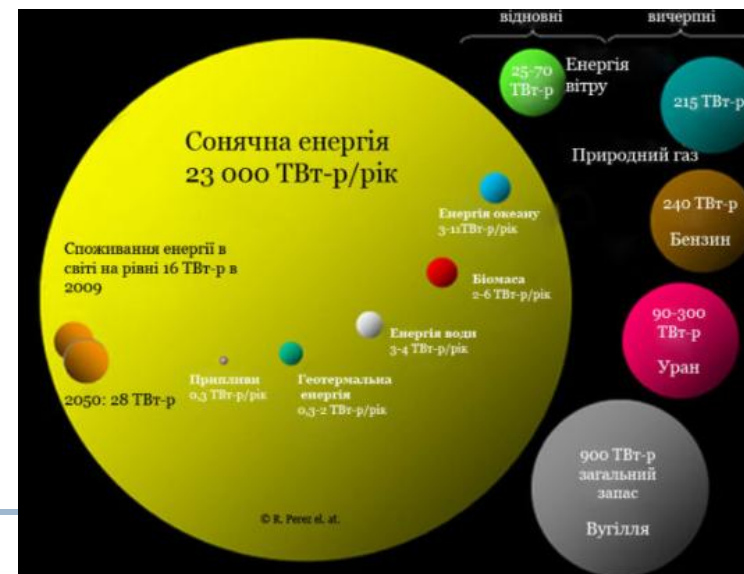
Сутність управління, що базується на використанні зворотного зв'язку, була розроблена задовго до виникнення кібернетики – в рефлексорній теорії І.М. Сеченова і І.П. Павлова. Ідея зворотного зв'язку була використана при створенні автоматичних регуляторів Уатта. Кібернетика сформулювала принцип зворотного зв'язку: без зворотного зв'язку неможливе управління складними динамічними системами. В даний час цей принцип свідомо кладеться в основу конструювання ЕОМ та інших технічних пристроїв. З урахуванням принципу зворотного зв'язку організовується управління (керівництво) підприємством з боку міністерства, промисловими підприємствами – з боку дирекції тощо.



Відцентровий регулятор (регулятор Ватта) — автоматичний пристрій, робота якого ґрунтується на використанні відцентрової сили для стабілізації обертання шляхом впливу на положення дросельної заслінки регулювання подавання пари в парову машину. Інакше — механізм, який створює негативний зворотний зв'язок для керування швидкістю обертання в машинах різноманітних способів дії та призначення. Вперше використано у 1788 році Джеймсом Ваттом.

Для кібернетики характерний **макропідхід**: вона відгалужується від внутрішньої будови системи і розглядає її як єдине ціле, що здатне функціонувати за допомогою потоків **інформації** (від лат. *informatio* – ознайомлення, роз'яснення) як міри організованості системи на противагу поняттю ентропії як міри неорганізованості. Це і є інформативний принцип кібернетики. **З підвищенням ентропії зменшується інформація (оскільки все усереднюється) і, навпаки, зниження ентропії збільшує інформацію. Зв'язок інформації з ентропією свідчить і про зв'язок інформації з енергією.**

Енергія (від грец. *energia* - діяльність) характеризує загальну міру різних видів руху і взаємодії. Інформація характеризує міру різноманітності систем. Хоча інформація і енергія дещо відокремлені одне від одного, проте вони пов'язані між собою. Інформація зростає з підвищенням різноманітності системи. Одним з основних законів кібернетики є закон необхідної різноманітності: ефективно управління будь-якою системою можливо тільки в тому випадку, коли різноманітність керуючої системи більша різноманітності керованої системи. **Значить, чим більше ми маємо інформації про систему, якою збираємося керувати, тим ефективніше буде проходити цей процес.**



Найбільш значущим кроком у формуванні ідеї системного методу була поява кібернетики як загальної теорії управління в технічних системах, живих організмах і суспільстві. У рамках кібернетики вперше було ясно показано, що процес управління з загальної точки зору можна розглядати як процес накопичення, передачі і перетворення інформації. Саме ж управління можна відобразити за допомогою певної послідовності точних приписів – алгоритмів, за допомогою яких здійснюється досягнення поставленої мети.

Таким чином, наука, яка займається дослідженнями процесів управління складними системами зі зворотним зв'язком, отримала назву **кібернетики** (від грец. *kybernetik* – мистецтво управління). Вона виникла в 40-х рр. XX ст. на стику математики, техніки та нейрофізіології, і її цікавить цілий клас як живих, так і неживих систем, в яких існують механізми зворотного зв'язку. Батьком кібернетики по праву називають видатного американського математика Норберта Вінера, який в 1948 р. вперше сформулював основні ідеї і принципи цієї науки. Виникнення кібернетики було підготовлено всім попереднім розвитком науки – в першу чергу теорії автоматичного регулювання слідкуючих систем, техніки переробки і передачі інформації, теорії ігор і оптимальних рішень, фізіології (теорії рефлексів), медицини, математичної логіки, теорії алгоритмів і машин, радіоелектроніки та інших наук.

Область застосування кібернетики визначив Н. Вінер: **це машини, живі організми та їх об'єднання.**

Кібернетика – це наука про управління в машинах, живих організмах і їх об'єднаннях на основі отримання, зберігання, переробки і використання інформації.

З 60-х років ХХ ст. **французький математик Рене Том** (і ряд інших) започаткував розробку **теорії катастроф** - математичний опис процесів, в яких неперервні зміни, на певному етапі розвитку системи, обумовлюють розрив, стрибкоподібну зміну якості. Ідеться якраз про нагромадження змін кількісних, що завершуються якісним стрибком.

У фізиці відомі два типи фазових переходів:

фазові переходи I типу - процеси зі стрибкоподібною зміною внутрішньої енергії і густини і *фазові переходи II типу*, в яких внутрішня енергія і густина речовини залишаються незмінними, але змінюються теплоємність, коефіцієнт теплового розширення тощо. Загалом же є й таке визначення фазового переходу: **це стрибкоподібна зміна фізичних властивостей при неперервній зміні зовнішніх параметрів.**

Елементарні катастрофи

Теорія катастроф аналізує критичні точки (репетиції) потенціальної функції, тобто точки, де не тільки перша похідна функції дорівнює нулю, але й рівні нулю і похідні вищих порядків. Динаміка розвитку таких точок може бути вивчена за допомогою розкладання потенціальної функції в ряд Тейлора за малих змін вхідних параметрів.

Якщо точки росту не є випадковими, а структурно стабільними, то ці точки існують як центри організації для особливих геометричних структур з низьким рівнем виродженості, з критичними параметрами (високим рівнем катастрофічності) в оточуючих їх областях фазового простору. Якщо потенціальна функція залежить від трьох або меншого числа активних змінних, і п'яти або менше активних параметрів, то в цьому випадку існує всього сім описаних узагальнених структур геометрій біфуркацій, яким можна приписати стандартні форми розкладу в ряд Тейлора, в які можна розкласти критичні точки за допомогою дифеоморфізму (гладкої трансформації).

Ознаки катастроф

Бімодальність - зміна якості - "старе" на "нове", жодних альтернатив "нового" в разовій катастрофі. Потенційно можлива мультимодальність, якщо є кілька альтернатив вибору у точці катастрофи, але у конкретній катастрофі завжди реалізується лише одна з них.

Порушення симетрії - різка, стрибкоподібна зміна в системі при плавній зміні її параметрів відбувається в момент досягнення параметрами деяких критичних значень. Якщо спостерігається катастрофа, існує і управляючий параметр, яким може бути й час розвитку системи. До проходження точки катастрофи система мала симетрію щодо вибору майбутніх альтернатив, їхню рівноправність. У точці катастрофи вибір відбувається на користь однієї з альтернатив і симетрія повноважень, рівноправність порушується. Дуже часто це пов'язано з порушенням просторової симетрії.

Дивергенція (нестійкість до початкових умов) - мала зміна стану системи перед точкою катастрофи може радикально вплинути на вибір альтернативи. Те, що було поряд до катастрофи, виявиться розділеним після неї. У моделі "шпага" навіть мале відхилення шпаги або сила відхилення від вертикалі призведе до однозначного вигину, і точки, ікф неможливо розділити до критичного навантаження системи можуть чітко відрізнитися після катастрофи.

Існує пам'ять системи про катастрофу, що відбулася, незворотність її історії (**гістерезис**) Результат залишається навіть після зникнення причини, конфлікт не згасне, навіть якщо лише усунути його привід. У явищі гістерезису втрати якості системи відбуваються при одному критичному значенні зовнішнього параметра, а відновлення при іншому. Кажуть, що точки прямої та зворотної біфуркації рознесені, не збігаються. Гістерезис виникає далеко не завжди.

Ознаки катастроф

Збільшення шумових флуктуацій

Ця ознака з'являється незадовго до точки катастрофи, яскраво виявлена в самій "точці" і швидко зникає після катастрофи. Фактично воно виявляє життя мікрорівня, той андеграунд, що виходить поверхню, стає значним під час кризи системи. При цьому "вмираючі" макрозмінні "агонізують" і поводяться все більш хаотично. Мовою мікрорівня це називається збільшенням амплітуди флуктуації. Величини короточасних відхилень від середнього значення, які ми й спостерігаємо як випадкові коливання в системі - шум перед та під час катастрофи.

Уповільнення характерних ритмів

Перед точкою катастрофи, точкою зміни програми функціонування системи відбувається згортання, зупинка цієї програми. Якщо в ній присутні коливання, то вони повинні сповільнюватися, якщо коливань немає, то їх можна штучно порушити і спостерігати уповільнення. У точці катастрофи система уникає стану гомеостазу, стає пластичнішою, менш пружною, її власні коливання стають м'якшими, повільними, низькочастотними. Характерні, власні ритми системи уповільнюються принаймні наближення до точки катастрофи.

Сьогодні ці сім фундаментальних типів відомі під іменами, які їм дав Рене Том

Функції з однією змінною:

Катастрофа типу

$$V = x^3 + ax$$

Катастрофа типу

$$V = x^4 + ax^2 + bx$$

Катастрофа типу

$$V = x^5 + ax^3 + bx^2 + cx$$

Катастрофа типу

$$V = x^6 + ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx$$

Потенціальні функції з двома змінними:

Гіперболічна омбіліка

$$V = x^3 + y^3 + axy + bx + cy$$

Еліптична омбіліка

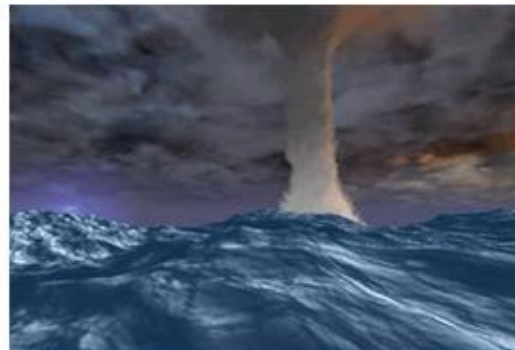
$$V = x^3 / 3 - xy^2 + a(x^2 + y^2) + bx + cy$$

Параболічна омбіліка

$$V = yx^2 + y^4 + ax^2 + by^2 + cx + dy$$

Ієрархія

МЕГА



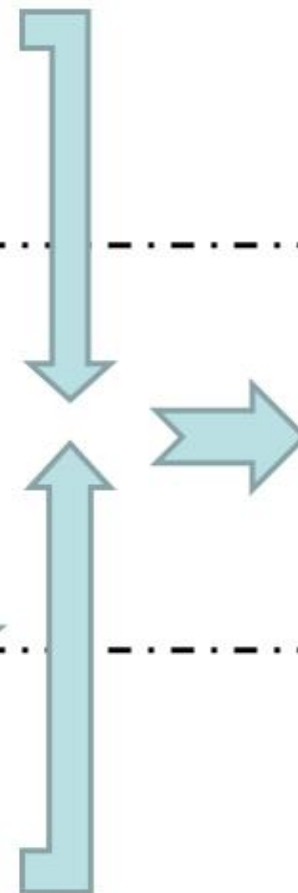
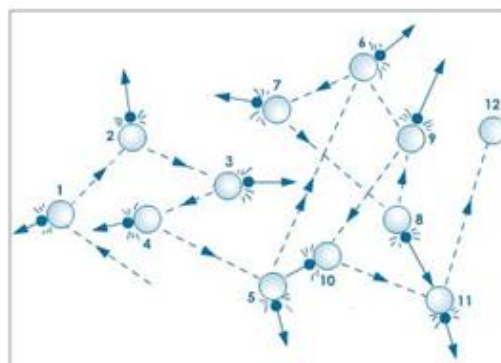
Керуючі параметри

МАКРО



Параметри порядку

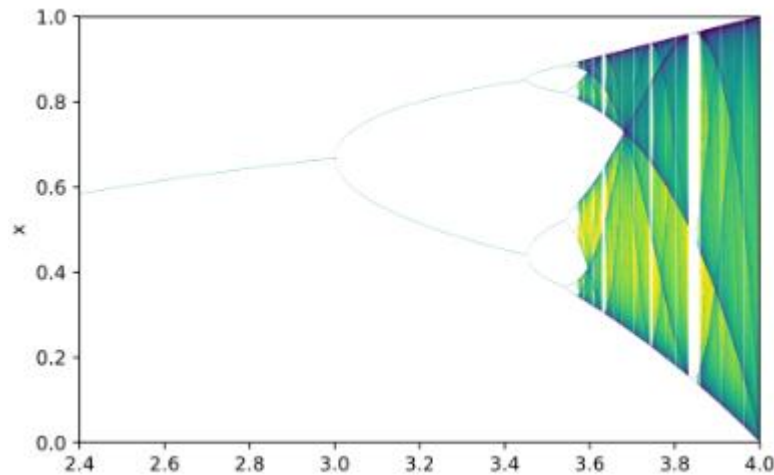
МІКРО



Аналіз механізмів переходу **від порядку до хаосу** в реальних системах та різних моделях виявив універсальність небагатьох сценаріїв переходу до хаосу.

Перехід до хаосу може бути представлений у вигляді діаграми біфуркацій (термін «біфуркація» - своєрідна потреба вибору, її необхідність, після якої стан системи необоротно змінюється). Вхід системи у непередбачуваний стан описується каскадом біфуркацій, що йдуть одна за одною. Каскад біфуркацій послідовно призводить до появи вибору між двома рішеннями, потім чотирма і так далі, коли система починає коливатися в хаотичному, турбулентному режимі послідовного подвоєння кількості можливих значень.

Ситуація біфуркації **математично** виникає як результат аналізу розв'язків нелінійних диференціальних рівнянь. У **фізичному** розумінні - це точка розгалуження шляхів еволюції системи, поява, при деякому критичному значенні певного параметра, нового розв'язку рівнянь. Доцільно підкреслити: це нове розуміння складності навколишнього світу, адже, як висловився англійський математик Ян Стюарт "*Природа безжально нелінійна*".



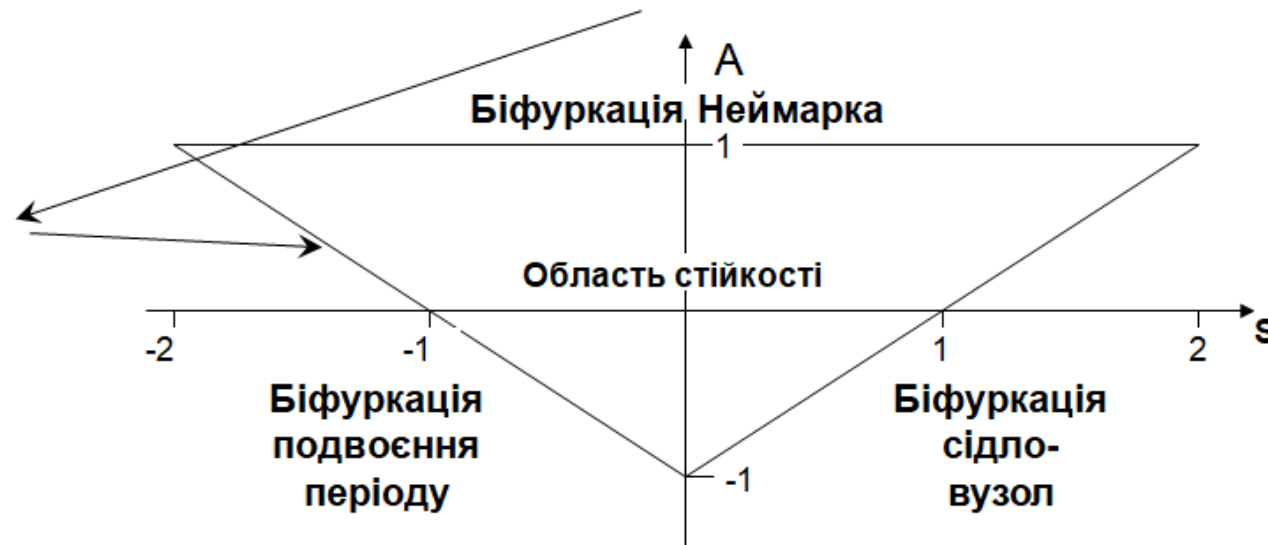
Точка біфуркації - критичний стан системи, при якому система стає нестійкою щодо флуктуацій і виникає невизначеність: чи стане стан системи хаотичним або вона перейде на новий, більш диференційований і високий рівень впорядкованості.

$$x_{n+1} = \lambda x_n (1 - x_n)$$

каскад біфуркацій

Властивості точки біфуркації

- 1. Непередбачуваність.** Зазвичай точка біфуркації має кілька гілочок атрактора (стійких режимів роботи), по одному з яких піде система. Однак заздалегідь неможливо передбачити, який новий атрактор займе система.
- 2. Точка біфуркації носить короточасний характер** і розділяє більш тривалі стійкі режими системи.



Властивості точки біфуркації

1. Непередбачуваність. Зазвичай точка біфуркації має кілька гілочок атрактора (стійких режимів роботи), по одному з яких піде система. Однак заздалегідь неможливо передбачити, який новий атрактор займе система.

2. Точка біфуркації носить короточасний характер і розділяє більш тривалі стійкі режими системи.

Атрактор

Атрактор (англ. attract — притягати) — множина точок у фазовому просторі, до якої збігаються фазові траєкторії дисипативної системи.

Атрактори можуть бути **точковими** (точки рівноваги), **лініями** (граничні цикли), **поверхнями**, і навіть складними **багатовимірними фрактальними структурами** (як у випадку дивного атрактора). Навколо атрактора в фазовому просторі існує басейн притягання.

Фазовий простір – багатовимірний простір, утворений змінними даної динамічної системи.

Фазовою траєкторією називають тренд (тенденцію) еволюції системи, описану кривою в цьому фазовому просторі. Фазовий портрет – це сукупність різних можливих фазових траєкторій. **Фазовий портрет** дивного атрактора - це не точка і не граничний цикл, а деяка область, в якій відбуваються випадкові блукання.

Існують різні формалізації поняття збіжності, що призводить до різних визначень атрактора, що задає, відповідно, потенційно різні множини (найчастіше — вкладені одна в іншу).

Найуживанішими визначеннями є **максимальний атрактор** (найчастіше — в своєму малому оточенні), атрактор Мілнора і неблукаюча множина.

Зона атрактора – це простір всередині атрактора, в якому кожна частинка (система), яка туди потрапила, поступово зміщується в заданому напрямку.

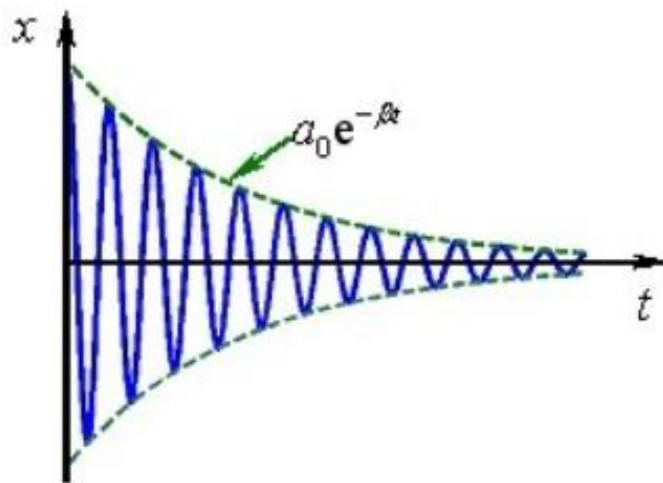
В методології синергетики розрізняють **прості і дивні** атрактори. При станах системи, що визначаються простим аттрактором, траєкторія розвитку системи є передбачуваною. При станах системи, що визначаються дивним аттрактором, стає неможливим визначити положення частинок (їх поведінку) в кожен даний момент, хоча ми і впевнені, що вони знаходяться в зоні аттрактора.

Метод фазових портретів виник одночасно з інтегральним і диференціальним обчисленням і також пов'язаний з ім'ям Ньютона. Спочатку цей метод застосовувався до одномірних систем, пізніше Ж.А. Пуанкаре, а потім А.М. Ляпунов, перенесли його на аналіз двовимірних систем.

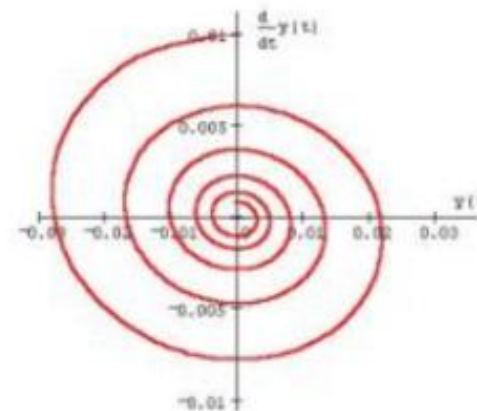
Сучасні складні системи є багатовимірними системами, заданими великим числом диференціальних рівнянь.

Основна ідея фазових портретів одномірних, двовимірних і багатовимірних систем – це виявлення характерних точок і ліній. Попри значні різноманітності руху системи на фазовій площині характерні точки і лінії повільно еволюціонують і можуть розглядатися в першому наближенні як нерухомі. Ця властивість на початку 1970-х лягла в основу принципу стабільності динамічних систем. Фазові портрети багатовимірних систем володіють структурою, в якій області з від'ємним зворотним зв'язком чергуються з областями з додатним зворотним зв'язком.

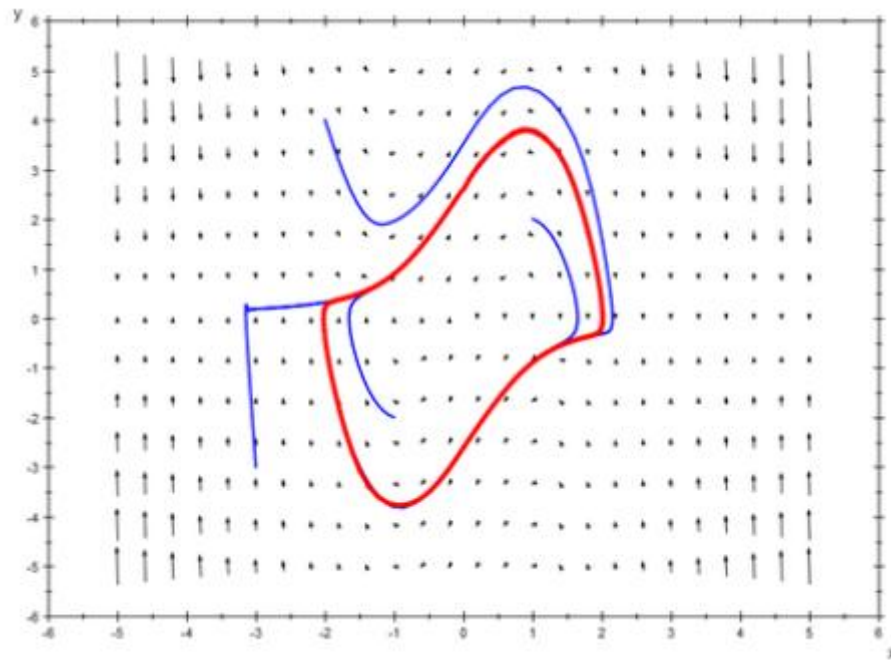
Важливі три основні класи нелінійних систем. Кожен з них має свій власний тип «атрактора» (область точки притягання траєкторії) у фазовому просторі. Найпростішим типом є точковий атрактор. **Приклад системи з точковим атрактором - маятник з тертям.** Коли маятнику надається початкова енергія, він починає розгойдуватися, але зважаючи на тертя амплітуда його коливань поступово зменшується, поки маятник зовсім не зупиниться. Змінними в такій системі виступають швидкість і положення тягарця. Якщо будь-яку з цих змінних виокремити як часовий ряд, то результуюча хвиляста лінія поступово зменшуватиме свою амплітуду до нуля – крива переходить в пряму лінію – маятник зупинився. Якщо фазовий портрет цієї системи подати в координатах положення – швидкість, то отримаємо спіральну криву, яка закінчується в початку координат, коли маятник зупинився.



фазовий портрет



Осцилятор Ван дер Поля був запропонований голландським інженером та фізиком Бальтазаром ван дер Полем, під час його роботи у компанії Philips. Ван дер Полем були знайдені стійкі коливання, які були названі релаксаційними, відомі як «граничні цикли». У вересні 1927 Ван дер Поль і його колега Ван дер Марк повідомили, що на певних частотах були зафіксовані шуми, які завжди перебувають поряд із власними частотами хвиль. Це було одним із перших спостережень детермінованого хаосу. Рівняння Ван дер Поля застосовується і у фізиці, й у біології. Дане рівняння також було використано в сейсмології для моделювання геологічних розломів.

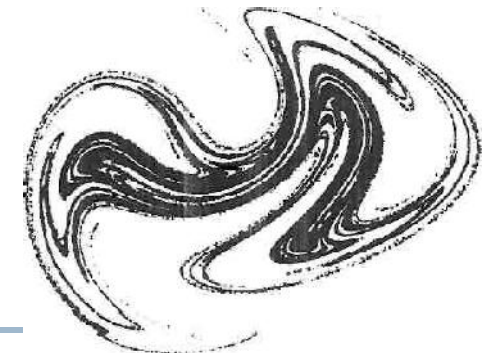


циклічний атрактор –
можна побачити кінцевий
цикл (червоним кольором)

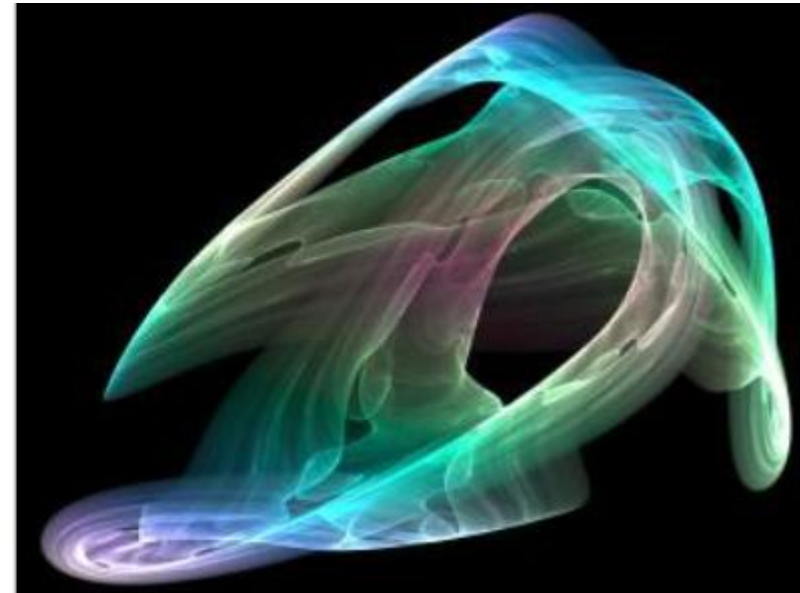
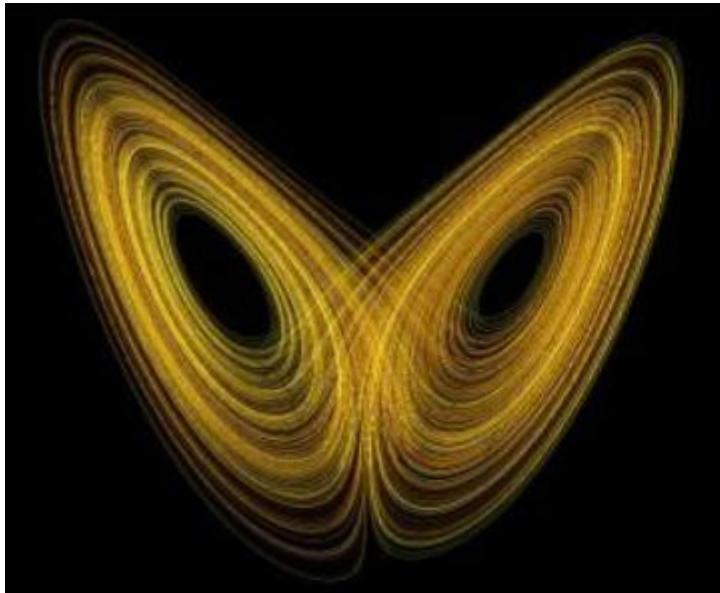
Дивний атрактор – множина у фазовому просторі фрактальної розмірності. Перш за все, демонструє хаотичну поведінку. Система перебуває у нерівноважному стані, коли знаходиться режимі дивного атрактора. Один із сценаріїв формування дивного атрактора є сценарій Фейгенбаума (каскад біфуркацій через подвоєння періоду граничного циклу).

Це формування дивного атрактора з граничного циклу через безмежну послідовність біфуркацій подвоєння періоду граничного циклу. При біфуркації подвоюється період. Спочатку виводимо систему на оптимальний режим функціонування і фіксуємо всі параметри системи крім одного. При зміні цього параметру система змінює свою кінетичну поведінку. Також при цьому виникають біфуркації траєкторій, коли народжується новий розв'язок у вигляді граничного циклу подвоєного періоду. Подібно стійким стаціонарним «чудернацькі» басейни притягання – звідси і назва «дивні атрактори». Одним із прикладів таких «дивних» атракторів можуть бути «портрети» атракторів Уеда (1979) - відображень Пуанкаре для осцилятора Дуффінга з гармонічним збуренням. Атрактор Уеда - це траєкторія у двовимірному фазовому просторі, яка утворює паттерни, що майже повторюють один одного.

Це - типова особливість хаотичних систем, його можна уявити у вигляді зрізу куска тіста, який багаторазово розтягували і згортали: в основі атрактора Уеда лежить математика перетворення пекаря.



Дивний атрактор Лоренца — атрактор, що демонструє хаотичну поведінку і є розв'язком системи трьох нелінійних диференціальних рівнянь, вперше записаних в 1963 році Едвардом Лоренцом при розгляді конвекційного руху в однорідному шарі рідини, що підігрівається знизу. Рівняння Лоренца також описують конвекцію в кільцевій трубці та поведінку одномодового лазера. Належить до класу так званих дивних атракторів. Варто зазначити, терміни хаос та дивний атрактор не вживалися в оригінальній роботі Лоренца (вони з'вилися в науковій літературі дещо пізніше), натомість йшлося про аперіодичні рухи.

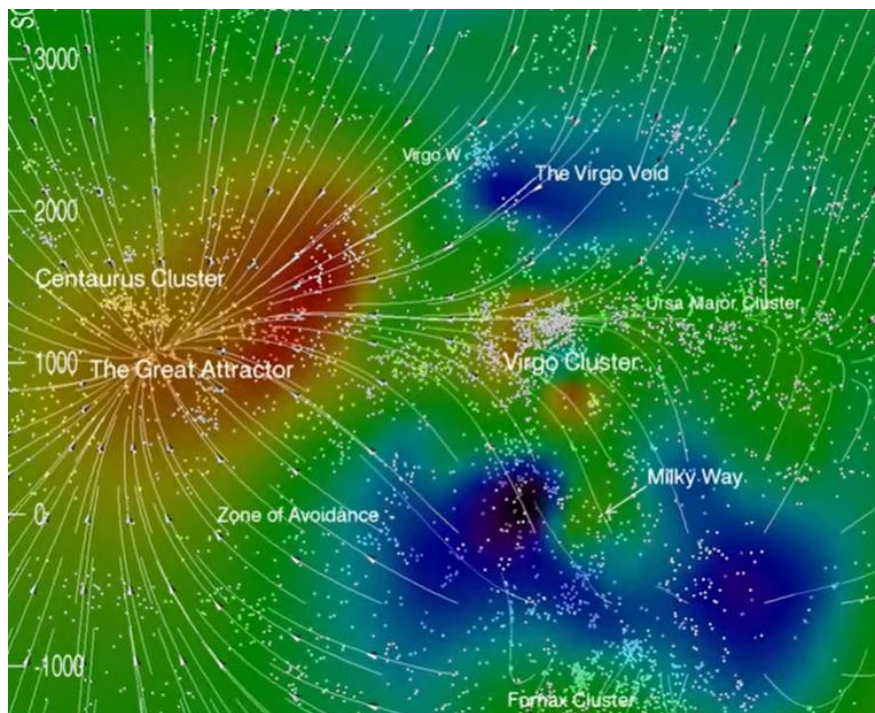


Форми атракторів: атрактор Лоренца (зліва) та візуалізація дивного атрактора (справа).

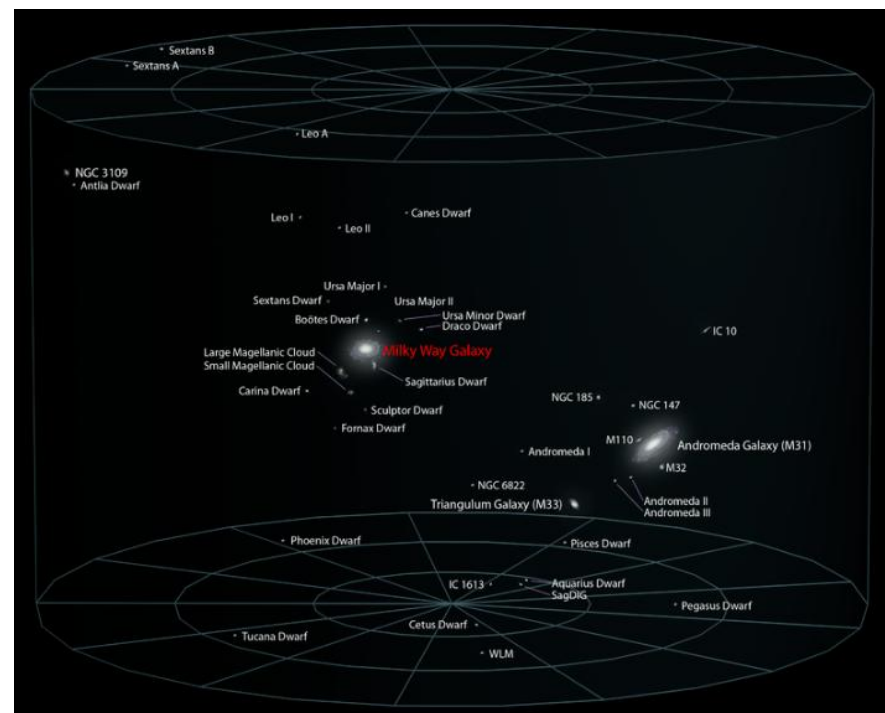
Великий Атрактор (Великий центр тяжіння) — гравітаційна аномалія, розташована в міжгалактичному просторі на відстані приблизно 65 Мпк або 250 млн світлових років у сузір'ї Косинця. Цей об'єкт, що має масу десятків тисяч мас Чумацького Шляху, спостерігається завдяки ефектам, який він здійснює на рух спостережуваних нами галактик та їх скупчень на ділянці простору, протяжністю в декілька сотень мільйонів світлових років.

Спостереження Великого Атрактора ускладнене тим, що він розташований у **«зоні уникання»**, закритій від спостереження площиною Чумацького шляху з великою кількістю пилу. Місцеве надскупчення (зокрема, Місцева група) перебуває під гравітаційним впливом Великого Атрактора. Хоча Великий Атрактор віддаляється від нас, швидкість віддалення від нього нашої Галактики та прилеглих галактик зменшена (порівняно з законом Габбла) приблизно на 250 км/с. На прилеглих до Атрактора ділянках Всесвіту галактики виявляють великомасштабну течію в бік Великого Атрактора зі швидкістю близько 491 ± 200 км/с. У напрямку Великого Атрактора розташоване скупчення галактик Косинця (Ейбелл 3627), яке, імовірно, і є його центром. Маса — порядку 5×10^{16} сонячних мас, але маса видимої матерії на тій ділянці принаймні в 10 разів менша. Вважається, що основну масу становить **темна матерія**.

Густина видимих галактик у напрямку на Великий Атрактор зростає. Орбітальний телескоп «Габбл» виявив у сузір'ї Косинця спіральну галактику ESO 137-001, яка руйнується Великим Атрактором.



Великий атрактор



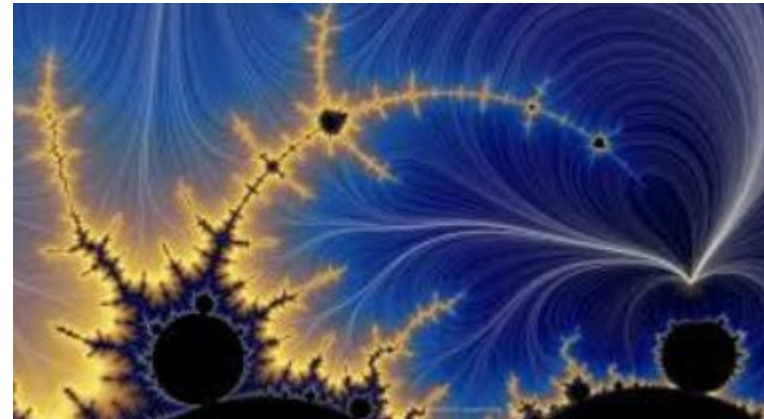
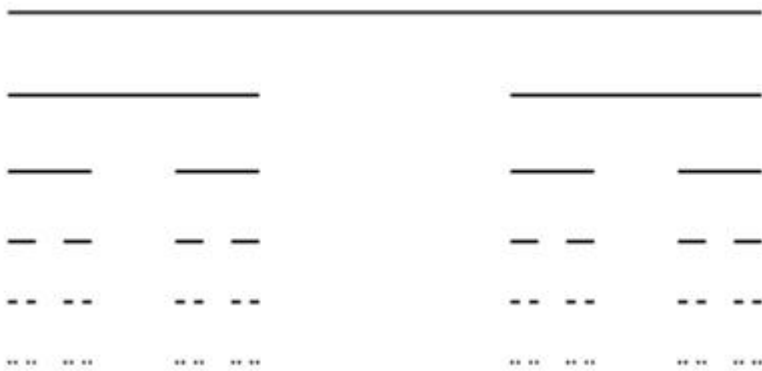
Місцева група галактик



Молочний шлях

Загалом до Місцевої групи належить більше 54 галактик. Ця кількість постійно збільшується з виявленням нових галактик. Центр мас Місцевої групи лежить приблизно на лінії, що з'єднує Чумацький Шлях й галактику Андромеди.

Щоб зрозуміти особливості геометричної будови дивних атракторів, розглянемо простий приклад фракталу - так звану множину двох третин, що належить до класу канторівських множин. Візьмемо відрізок одиничної довжини. Розіб'ємо його на три рівні частини. Середню відкинемо. Кожен з відрізків, що залишилися, також розіб'ємо на три рівні частини, середню з яких відкинемо. Продовжуватимемо цю операцію нескінченно довго. Те, що ми отримаємо, і являтиме собою множину двох третин.



По-перше, відзначимо, що при збільшенні масштабу зображення такої множини ми будемо помічати все тонші деталі її структури, але при постійній зміні масштабу, наприклад, утричі характер картини залишатиметься незмінним. Ця властивість притаманна всім фракталам і носить назву **масштабної інваріантності**.

Фрактал (лат. fractus — подрібнений, дробовий) — нерегулярна, самоподібна структура (об'єкт, в точності або приблизно збігається з частиною себе самого, тобто ціле має ту ж форму, що і одна або більше частин). У широкому розумінні фрактал означає фігуру, малі частини якої в довільному збільшенні є подібними до неї самої. **Термін фрактал увів у 1975 році Бенуа Мандельброт** і отримав широку популярність з виходом в 1977 році його книги «Фрактальна геометрія природи».

У математиці під фракталами розуміють безліч точок у евклідовому просторі, що мають дробову метричну розмірність (в сенсі Маньківського або Хаусдорфа), або метричну розмірність, відмінну від топологічної, тому їх слід відрізнити від інших геометричних фігур, обмежених кінцевим числом ланок.

Самоподібні фігури, що повторюються кінцеве число раз, називаються **предфракталами**. Особливу популярність фрактали знайшли з розвитком комп'ютерних технологій, що дозволили ефектно візуалізувати ці структури.

Класифікація фракталів

Існують такі види фракталів:

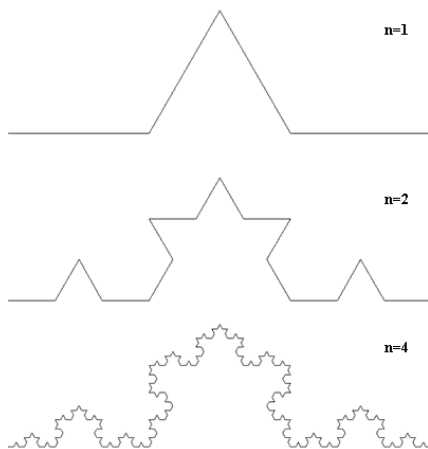
- 1) геометричні,
 - 2) алгебраїчні,
 - 3) стохастичні,
 - 4) системи ітеруючих функцій.
-

1) Геометричні фрактали

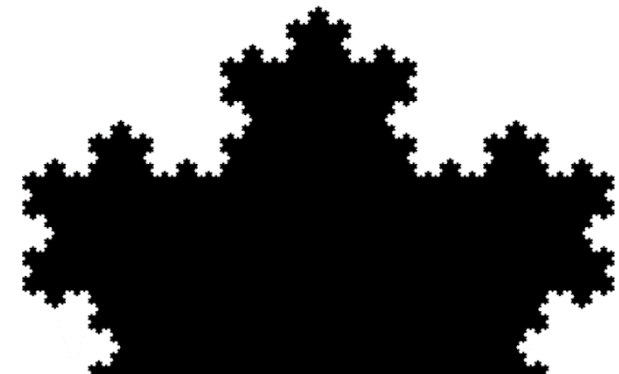
Саме з них і починалася історія фракталів. Цей тип фракталів отримують шляхом простих геометричних побудов. Зазвичай при побудові цих фракталів поступають так: береться «приманка» - аксіома - набір відрізків, на підставі яких будуватиметься фрактал. Далі до цієї «приманки» застосовують набір правил, який перетворить її у будь-яку геометричну фігуру.

Фрактали цього класу найнаочніші. У двомірному випадку їх отримують за допомогою деякої ламаної (чи поверхні в трьохмірному випадку), яка називається генератором. За один крок алгоритму кожен із відрізків, які складають ламану, замінюється на ламану-генератор, у відповідному масштабі. У результаті безкінечного повторення цієї процедури, отримується геометричний фрактал.

Для побудови геометричних фрактальних кривих використовуються рекурсивні алгоритми. Рекурсія використовується при вирішенні завдань, які можуть бути розкладені на декілька підзадач. Таким чином, застосування рекурсії доцільне при побудові фрактальних кривих, оскільки вони володіють такою властивістю як самоподібність.

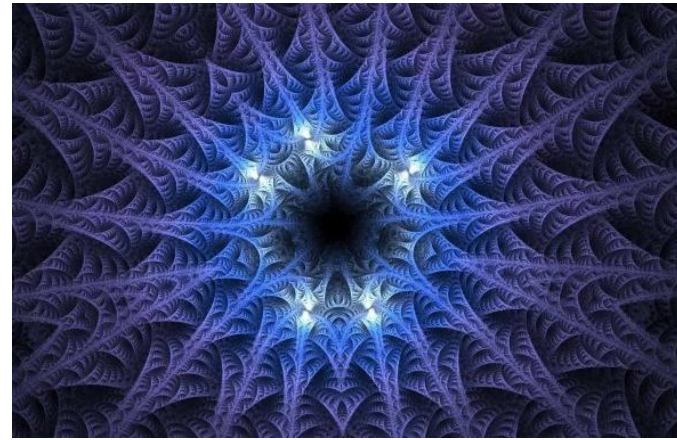


Сніжинка Коха

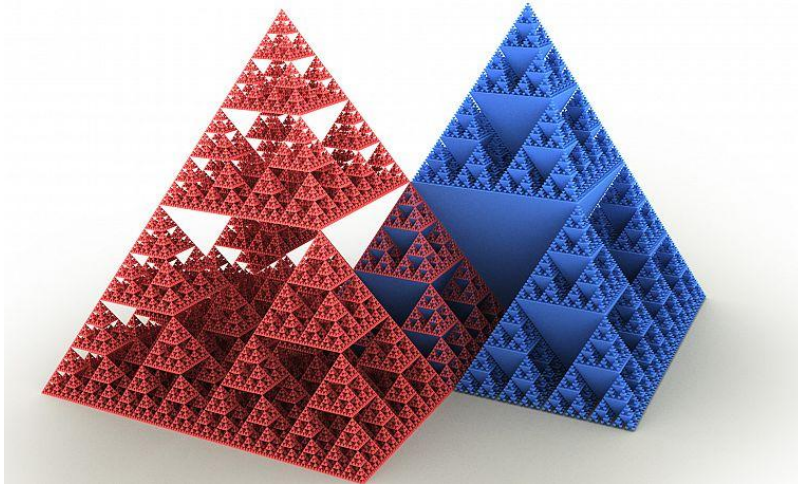




Ікосаедр Серпінського



Піраміда Серпінського



Трикутник Серпінського



2) Алгебраїчні фрактали

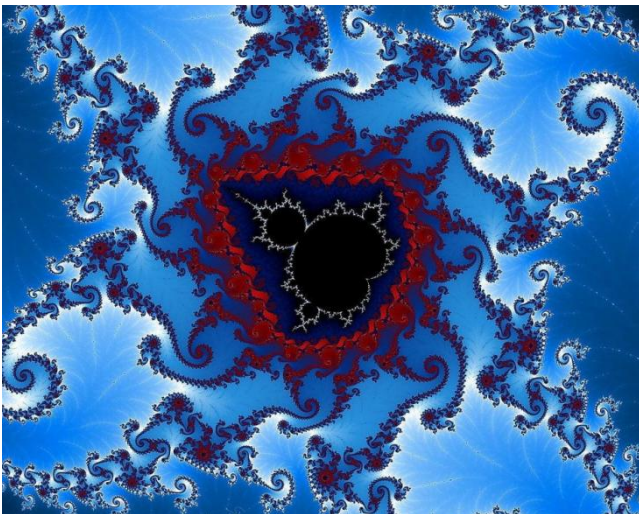
Це найбільша група фракталів. Одержують їх за допомогою нелінійних процесів у n -мірних просторах. Найбільш вивчені двовимірні процеси. Якщо нелінійна динамічна система володіє декількома стійкими станами, то кожний стійкий стан має деяку область початкових станів, з яких система обов'язково потрапить у розглянуті кінцеві стани. Таким чином, фазовий простір системи розбивається на області притягання атракторів. Фарбуючи області притягання різними кольорами, можна одержати колірний фазовий портрет цієї системи (ітераційного процесу). Змінюючи алгоритм вибору кольору, можна одержати складні фрактальні картини з вигадливими багатобарвними візерунками. Несподіванкою для математиків стала можливість за допомогою примітивних алгоритмів породжувати дуже складні нетривіальні структури.

$$z_{k+1} = z_k^2 + z_0$$

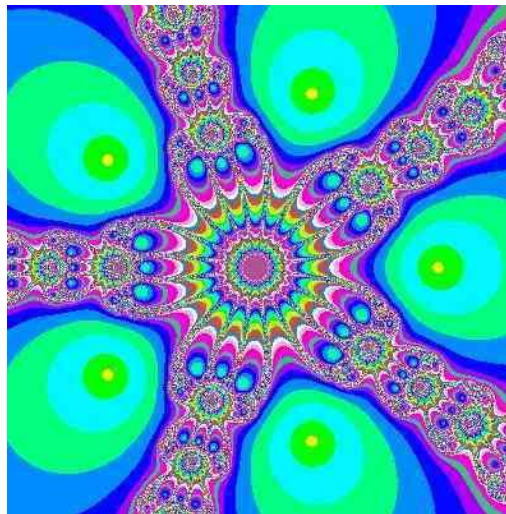
$$z_k = x_k + iy_k$$

$$z_{k+1} = \frac{3z_k^4 + 1}{4z_k^3}$$

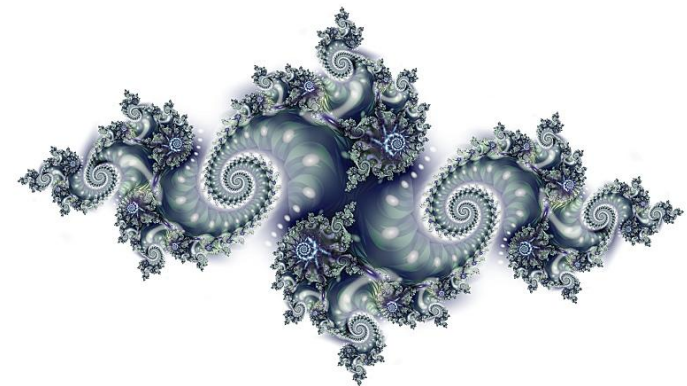
$$z_{k+1} = z_k^2 + c$$



Фрактал Мандельброта



Фрактал Ньютона



Фрактал Джулія

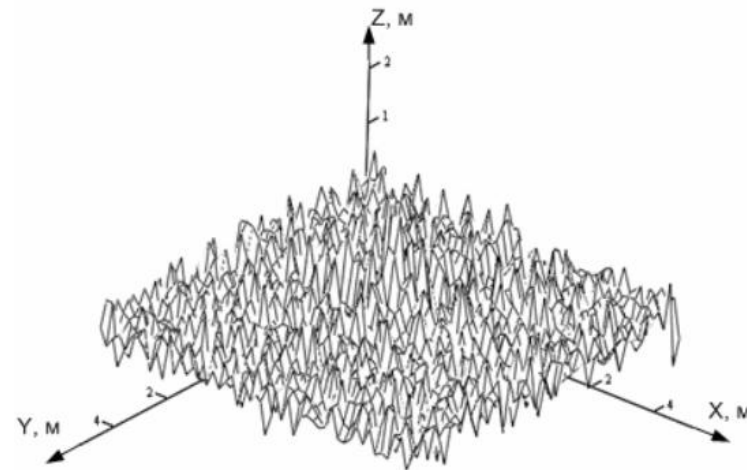
3) Стохастичні фрактали

Ще одним відомим класом фракталів є стохастичні фрактали, які виходять в тому випадку, коли в ітераційному процесі випадковим чином змінювати які-небудь його параметри. При цьому утворюються об'єкти дуже подібні на природні – несиметричні дерева, порізані берегові лінії і так далі. Двовимірні стохастичні фрактали використовуються при моделюванні рельєфу місцевості і поверхні моря.

Довжина берегової лінії залежить від способу її вимірювання. Оскільки для ділянки суші можна виділити вигини будь-якого розміру, від сотень кілометрів до доль міліметра і менше, не можна очевидним чином підібрати розмір найменшого елемента, який має бути узятий для вимірювання. Отже, не можна однозначно визначити і периметр цієї ділянки. Існують різні математичні наближення для розв'язання цієї задачі.



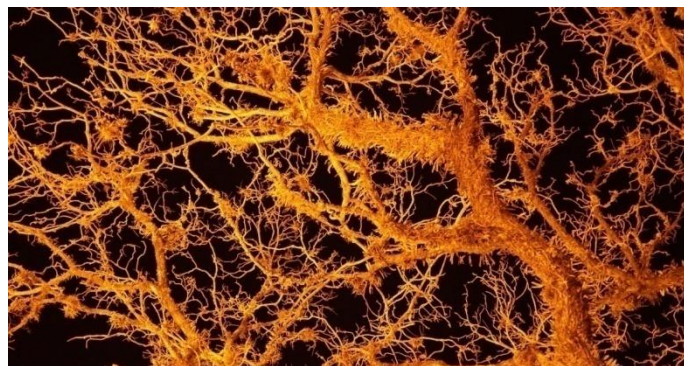
Острів Ванкувер



Фрактальна поверхня сформована методом Фур'є

Фрактали у природі

Фрактальна геометрія

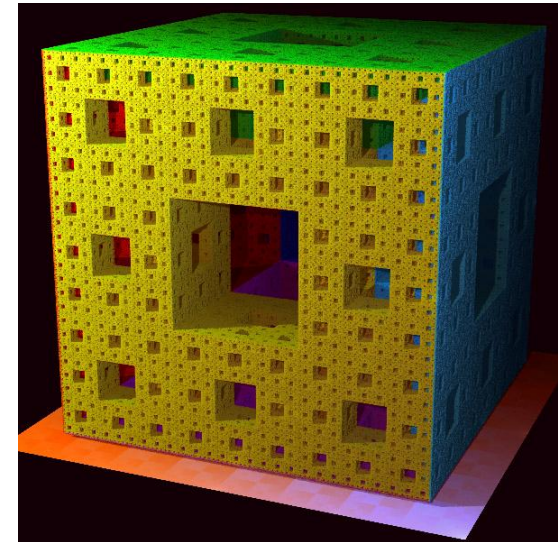


4) Системи ітеруючих функцій

Ця група фракталів набула широкого поширення завдяки роботам Майкла Барнслі з технологічного інституту штату Джорджія. Він намагався кодувати зображення за допомогою фракталів. Запатентувавши декілька ідей по кодуванню зображень за допомогою фракталів, він заснував фірму «Iterated Systems», яка через деякий час випустила перший продукт «Images Incorporated», в якому можна було зображення переводити з растрової форми у фрактальну FIF. Це дозволяло добитися високих ступенів стиснення. При низьких ступенях стиснення якість малюнків поступалася якості формату JPEG, але при високих картинки виходили якіснішими. У будь-якому випадку цей формат не прижився, але роботи по його удосконаленню ведуться до цих пір. Адже цей формат не залежить від роздільної здатності зображення. Оскільки зображення закодоване за допомогою формул, то його можна збільшити до будь-яких розмірів і при цьому з'являтимуться нові деталі, а не просто збільшиться розмір пікселів.

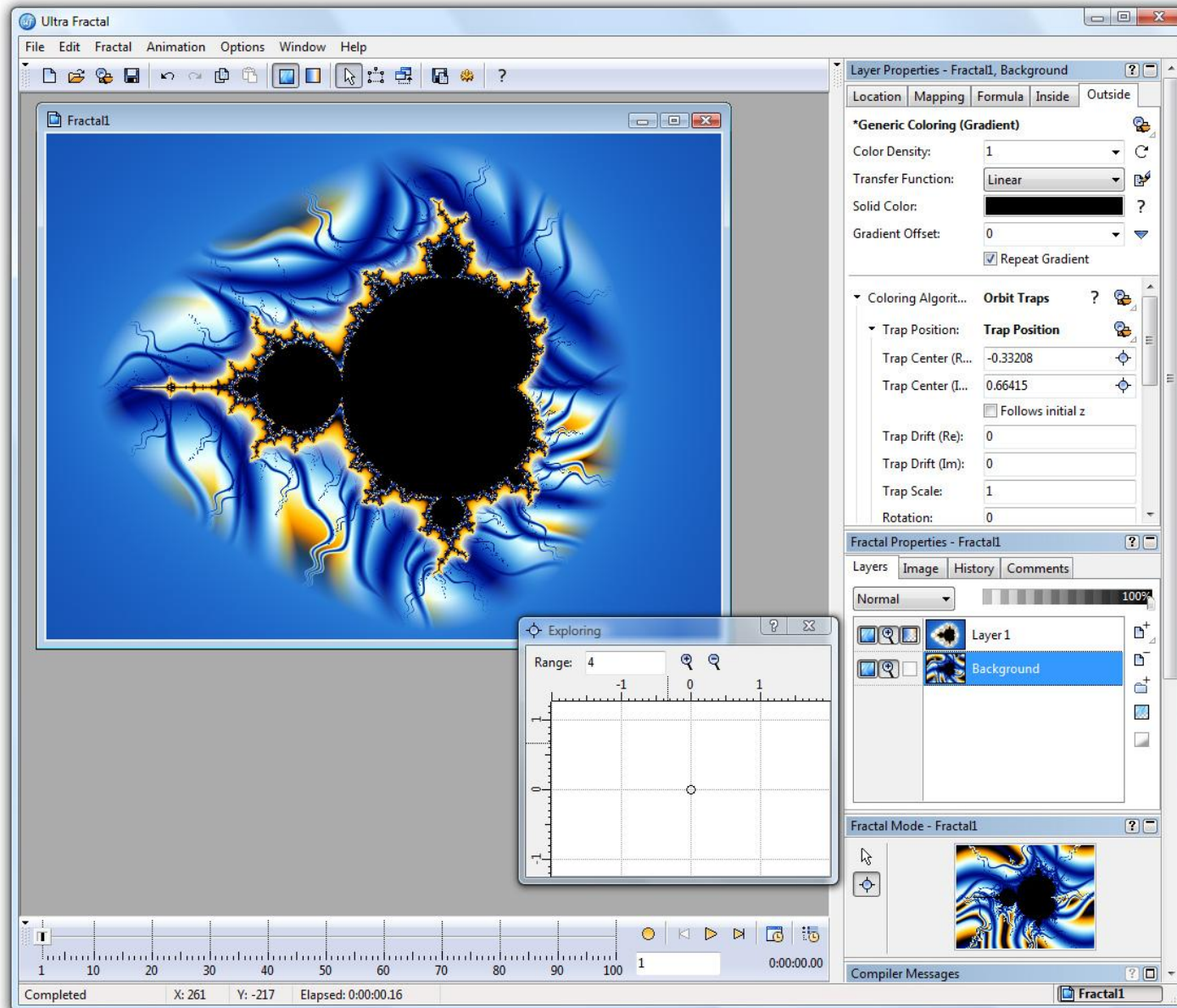


Папороть Барнслі

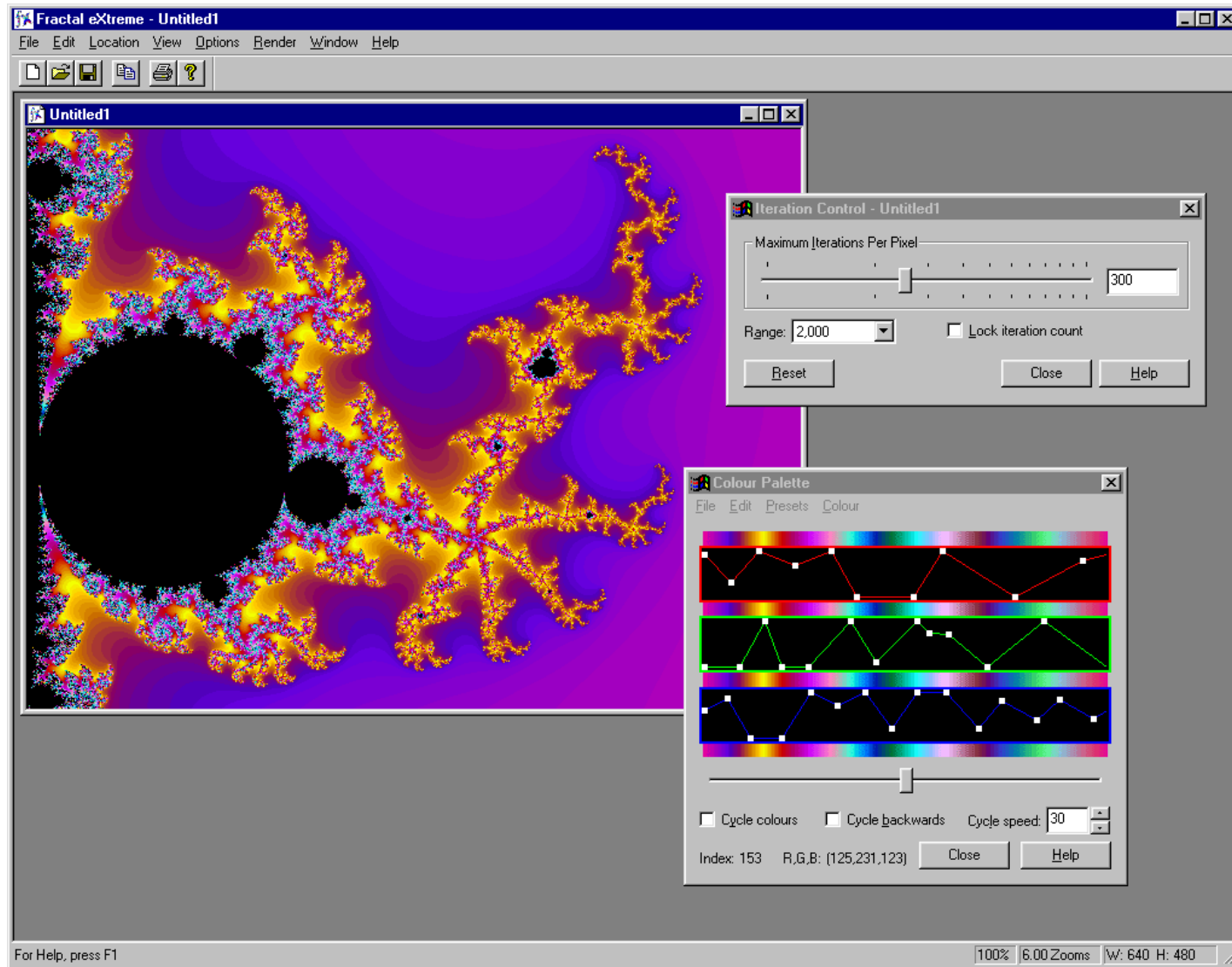


Губка Менгера

Генератори фракталів



Генератори фракталів





Лекція 3

Концепції розвитку біології

1. Концепції виникнення життя
2. Людина як вид
3. Свідомість, підсвідомість, надсвідомість
4. Концепція сталого розвитку. «Штучний» інтелект
5. Ноосфера
6. Генетика



Концепції виникнення життя

Найбільш поширеними концепціями виникнення життя на Землі є наступні:

- життя було створене надприродною істотою в певний час (креаціонізм);
- життя виникло неодноразово з неживої речовини (самочинне, або спонтанне, зародження);
- життя існувало завжди (теорія стаціонарного стану);
- життя занесене на нашу планету ззовні (панспермія);
- життя виникло внаслідок процесів, що підкоряються хімічним і фізичним законам (біохімічна еволюція).



Гіпотеза творіння – **креационізм** (лат. creatio – створення) – стверджує, що життя було створене надприродною істотою в певний час. **Наприклад, у християнстві такою подією є Бог, який створив все, що ми називаємо Всесвітом.** У 1650 р. ірландський архієпископ Ашер з міста Арма обчислив дату, коли Бог створив світ: **23 жовтня 4004 р. до н.е.** Цю дату Ашер отримав шляхом додавання віку всіх людей, що згадуються в Біблії від Адама до Христа.

Креаційна модель, на відміну від еволюційної, припускає, що всі основні системи природи були створені одночасно і в досконалому вигляді. Все існуюче, включаючи атоми, речовини планети, організми людей і тварин, спочатку створено такими, яким ми його зараз спостерігаємо. Креационізм стверджує, що в природі діє правило, згідно з яким досконалий порядок погіршується, занепадає по мірі виконання свого призначення.

Так як серед викопних рештків відсутні різні проміжні форми, то робиться висновок, що основні види тварин і рослин не розвинулися з попередніх видів. Якби було інакше, то не могло бути класифікації флори і фауни, оскільки між проміжними формами, що постійно змінюються, не можна провести границі. Сам Ч. Дарвін вважав, що кількість проміжних різновидів живих організмів, що населяли Землю протягом її біологічної історії, має бути великою. До теперішнього часу не вдалося простежити жодного безперервного ланцюжка. Навіть для пояснення еволюційного походження людини тривають пошуки «відсутньої ланки». Саме творіння, оскільки воно в даний момент не відбувається, не може стати об'єктом наукових спостережень. Еволюція, якщо вона є, відбувається так повільно, що її не можна дослідити. Оскільки можливість повторити хід природної історії відсутній, науково довести, яке вчення істинне, також неможливо.

Різноманіття форм органічного світу є результатом створення їх Богом.

КРЕАЦІОНІЗМ:

- ✓ Заперечує зміну видів і їх еволюцію.
 - ✓ Практично всі релігійні вчення стверджують, що людина і всі інші живі істоти створені Богом.
 - ✓ Види відразу були досконалими і завжди залишаються такими, якими вони були створені.
 - ✓ Ніяких доказів, що це так, не існує. Це питання віри.
 - ✓ Креационістами було більшість вчених до ХІХ в.
 - ✓ Основоположник систематики К. Лінней вважав, що всі види рослин і тварин існують з часу «створення світу» і створені Богом незалежно один від одного.
 - ✓ Французький анатом і палеонтолог Ж. Кюв'є вважав, що протягом історії Землі відбувалися великі катастрофи, або катаклізми, після яких спустошені місця заселялися організмами, котрі пережили катастрофу у віддалених районах (теорія катастроф).
 - ✓ доцільність устрою живих організмів і їх спільнот, хороша пристосованість до умов існування.
 - ✓ Деякі сучасні послідовники креационізму використовують існування дуже складних, різноманітних молекулярно-генетичних процесів у живих істот як аргумент на користь не випадковості їх появи.
 - ✓ Інші ж згодні з існуванням еволюційного процесу, але вважають, що саме початок еволюції було пов'язано з актом творіння.
-

Концепція спонтанного зародження життя

Уявлення про спонтанне зародження життя виникли як альтернатива креаціонізму у давнину в Китаї, Вавилоні, Єгипті. Ще Аристотель вважав, що певні частинки будь-якої речовини містять активний початок, з якого може розвинутися живий організм.

Лише в 1688 р. Фр. Реді з Флоренції, мабуть, вперше сформулював принцип біогенезу – життя може походити тільки з життя. Щодо самозародження організмів необхідно відзначити, що Французька Академія наук ще в 1859 р. призначила спеціальну премію за спробу висвітлити по-новому питання про спонтанне зародження життя. Цю премію в 1862 р. отримав знаменитий французький вчений, основоположник сучасної мікробіології Луї Пастер. Своїми дослідженнями він доказав неможливість самозародження мікроорганізмів.

Однак підтвердження теорії біогенезу породило іншу проблему. Так як для виникнення живого організму необхідний інший живий організм, то звідки ж узявся найперший живий організм?

Тільки теорія стаціонарного стану не вимагає відповіді на це питання, а у всіх інших теоріях мається на увазі, що на якійсь стадії історії життя відбувся перехід від неживого до живого.

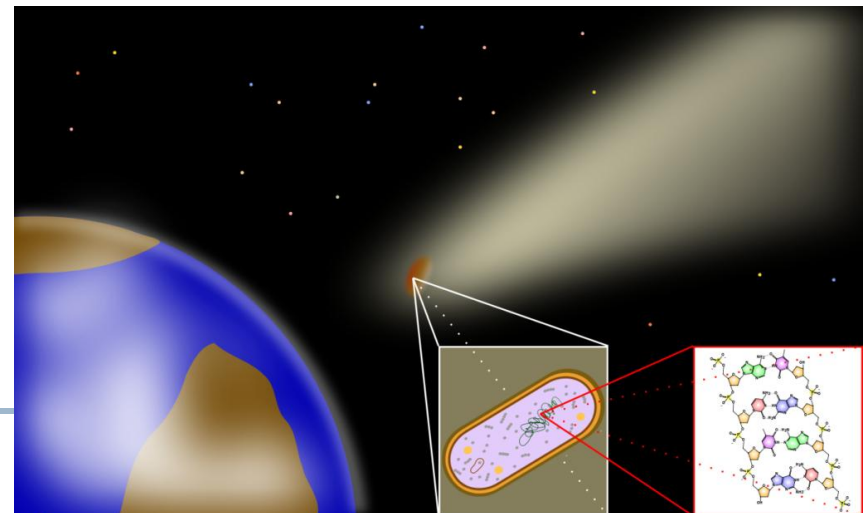
Відповідно до цієї концепції Земля ніколи не виникала, існує вічно і завжди здатна підтримати життя. Якщо і відбувалися зміни Землі, то дуже незначні. Головним аргументом прихильники цієї концепції висувають існуючі невизначеності у фізичних, хімічних, геологічних теоріях при визначенні віку Землі і Всесвіту в цілому. Види, відповідно до цієї концепції, існували завжди і для всіх них є тільки дві можливості: виживати за рахунок чисельності або вимирати. Прихильники цієї концепції ставлять під сумнів і результати палеонтологічних досліджень про зміну живих організмів у часі. Наприклад, згідно палеонтологічних даних, кістопері риби вимерли 70 млн. років тому. Однак представники цього виду були виявлені в районі Мадагаскару в наш час.

Порівняння палеонтологічних даних з існуючими видами може мати, на думку прихильників цієї концепції, лише екологічний зміст: переміщення виду, збільшення його чисельності або вимирання в несприятливих умовах. Існуючі розриви в палеонтологічному літописі видів, на які звернув увагу французький вчений Ж. Кюв'є (1769-1832), і пояснення їх виникнення періодичними катастрофами на Землі використовуються прихильниками цієї концепції в якості аргументів на користь вічного, не виникаючого і не зникаючого феномену життя.

Концепція панспермії

Панспермія (від грец. πάς/πάν – весь, всякий і грец. σπέρμα – насіння) – гіпотеза про повсюдне поширення у Всесвіті зародків живих істот. Згідно панспермії, в світовому просторі розсіяні зародки життя (наприклад, спори мікроорганізмів), які рухаються під тиском світлових променів, а потрапляючи в поле тяжіння планети, осідають на її поверхні і закладають на цій планеті начало живого.

У 1865 р. німецький лікар Г. Ріхтер висунув гіпотезу космічних зародків, відповідно до якої життя є вічною і зародки, що населяють світовий простір, можуть переноситися з однієї планети на іншу. Подібну гіпотезу – гіпотезу панспермії – в 1907 р. висунув відомий шведський природодослідник С. Арреніус, припустивши, що у Всесвіті вічно існують зародки життя. С. Арреніус вважав, що частинки живої речовини – спори або бактерії, що осіли на мікрочастинках космічного пилу, силою світлового тиску переносяться з однієї планети на іншу, зберігаючи свою життєздатність. При попаданні спор на планету з відповідними умовами вони проростають і дають початок біологічній еволюції.



Життя занесене на планету ззовні. Ця гіпотеза не пропонує ніякого механізму для пояснення первинного виникнення життя. Перші досліді Л. Пастера, поставлені у другій половині XIX ст. показали неможливість в сучасних умовах Землі зародження життя – найпростіших живих організмів. Це, ймовірно, в якійсь мірі сприяло виникненню ідей панспермії.

Сучасний варіант цієї ідеї можна розглянути на прикладі гіпотези Ф. Хойла про можливість існування мікроорганізмів у міжзоряному просторі. Згідно з його уявленням хмари міжзоряного пилу складені в основному з бактерій і спор, які і були внесені на Землю близько 4.5 млрд. років тому. Згідно з розрахунками, зробленими ним та С. Вікрасингом, щорічно у верхню атмосферу Землі надходить 10^{18} космічних спор. Таким чином, комети є переносниками життя, які утворилися спочатку в міжзоряному просторі і тільки потім потрапили в хмару Оорта.

Проте О.І. Опарін показав, що ця теорія, строго кажучи, нічого не дає. Вона не має ніякого відношення до походження життя, бо навіть якщо вдасться довести, що життя було занесене на нашу планету ззовні, то це не звільняє нас від необхідності пояснити, як же воно виникло спочатку. Теорія панспермії дозволяє вирішити лише проблему походження земного життя, одночасно збільшуючи складність основної проблеми в багато разів.

Концепція біохімічної еволюції

Життя виникло в результаті процесів, що підкоряються хімічним і фізичним законам. Теорія походження перших живих істот з неживої матерії була висунута Пфлюгером, Дж. Холдейном і Р. Бейтнером, але особливо детально вона розроблена радянським біохіміком академіком О.І. Опаріним в його книзі «Виникнення життя» (1936). Гіпотеза О.І. Опаріна про виникнення життя на Землі спирається на уявлення про поступове ускладнення хімічної структури та морфологічного вигляду попередників життя (пробіонтів) на шляху до живих організмів. На стику моря, суші та повітря створювалися сприятливі умови для утворення складних органічних сполук. У концентрованих розчинах білків, нуклеїнових кислот можуть утворюватися згустки подібно водним розчинам желатину. О.І. Опарін назвав ці згустки коацерватними краплями, або коацерватами. Коацервати – це відокремлені в розчині органічні багатомолекулярні структури. Це ще не живі істоти. Їх виникнення розглядають як стадію розвитку переджиття.

О.І. Опарін назвав ці згустки коацерватними краплями, або коацерватами. Коацервати – це відокремлені в розчині органічні багатомолекулярні структури. Це ще не живі істоти. Їх виникнення розглядають як стадію розвитку переджиття.



Людина – один з видів тварин зі складною соціальною організацією. Колективна праця робить малопомітними біологічні, в тому числі первинно-поведінкові, властивості організму. Як складова частина живого людина не може існувати поза біосферою і живої речовини певного еволюційного типу. Місцем виникнення сімейства гомінід (Hominidae) була екваторіальна смуга Землі, а роду Людина – Африка і, можливо, Південна Азія. У ранні епохи одночасно на Землі існувало кілька видів або навіть дві підродини гомінід – австралопітеки і власне люди, з яких в наші дні зберігся тільки *Homo sapiens*. На думку багатьох вчених, *Homo sapiens* поділяється на два підвиди – неандерталець і сучасна людина. Існує припущення, що зараз йде формування нового виду людей – Людини нової (*Homo innovatus*).

Проблема походження людини завжди цікавила людство, але наукове пояснення вона змогла одержати тільки на основі еволюційного вчення. Розглянемо детальніше щаблі розвитку людини. Є дуже багато скам'янілостей древніх людей і їх попередників. Сучасний рівень розвитку порівняльної анатомії дозволяє відновлювати скелет по його частинах, зовнішній вигляд по скелету, спосіб життя і тип харчування по кількох збережених зубах.

Гілка древніх приматів зароджується від примітивних комахоїдних ссавців 35 млн років тому, приблизно в середині Кайнозойської ери. Велика частина древніх приматів вимерла, але деякі групи збереглися і навіть отримали прогресивний розвиток. Із сучасних приматів до цих форм найбільш близькі тупайї.

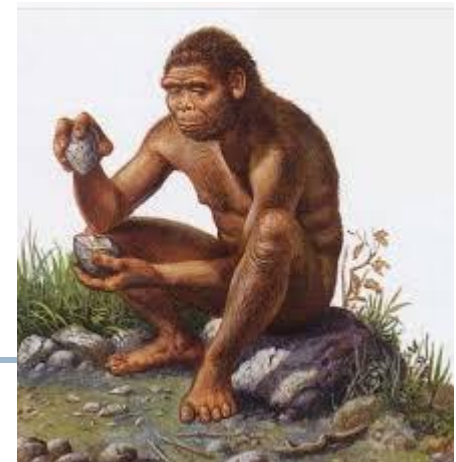
Близько 30 млн років тому відбулося відділення гілки парапітеків – деревних мавп, що вживали змішану їжу з рослин і комах. Щелепи і зуби у них були вже як у людиноподібних мавп. Від парапітеків походять сучасні гібони і орангутанги, а також гілка дріопітеків, що відокремилась 20 млн років тому. Дріопітеки населяли тропічні ліси східної Африки (сучасні Кенія, Єгипет, Ефіопія), їх залишки знайдені також в західній Європі та південної Азії. Вели стадний, напівдеревний-напівназемний спосіб життя, мали добре розвинені передні кінцівки, відносно великий головний мозок, бінокулярний зір. Знаряддя праці не використовували. Велика частина видів вимерла до 8 млн років.

Іншою, ймовірно паралельною, гілкою від дріопітеків 5 млн років тому відокремилися австралопітеки (дослівно – південна мавпа), вперше знайдені у південній Африці. Тепер скелети австралопітеків знайдені по всій Африці. Вони мали зріст 120-150 см, вагу 20-50 кг, мозок об'ємом 650 мл, ходили на двох ногах досить прямо, руки були вільні. Вели стадний спосіб життя, займалися полюванням і збиранням, були всеїдні, починали освоювати вогонь. Використовували підручні предмети як знаряддя праці: камені, палиці, кістки, але виготовляти, видозмінювати знаряддя не вміли. Австралопітеків вже відносять до сімейства гомінідів. Однак основна їх група вимерла близько 1 млн років тому, але якась гілка, мабуть, і стала прямим попередником людини.

Отже, близько 3 млн років тому від бічної прогресивної гілки австралопітеків або від інших подібних попередників відокремився рід *Homo* – людина. Всього в історії власне людини умовно виділяють три стадії: найдавніші люди, давні і сучасні. За біологічною номенклатурою вони поділяються на 4 різних види, що існували практично на одному ареалі і змінювали один одного в результаті гострої конкурентної боротьби за існування.

Найдавніші люди (архантропи) відомі за кількома знахідками в різних місцях земної кулі, основні – у східній Африці. Існували дуже довго паралельно з австралопітеками. Виділяють два види, які змінили один одного.

Homo habilis – людина уміла. Жила 3-1,5 млн років тому, будучи сусідами з австралопітеками. Ріст – 150 см, мозок 800 мл, зуби людського типу, перший палець стопи не відстовбурчений. Виготовляла примітивні знаряддя праці з гальки, вела стадний спосіб життя. Була розселена по Африці, Середземномор'ю, в Азії. Як творець першої, хоч і примітивною (гальковою), культури людина уміла пододала межу, що відокремлює викопних людиноподібних мавп від найдавніших людей.



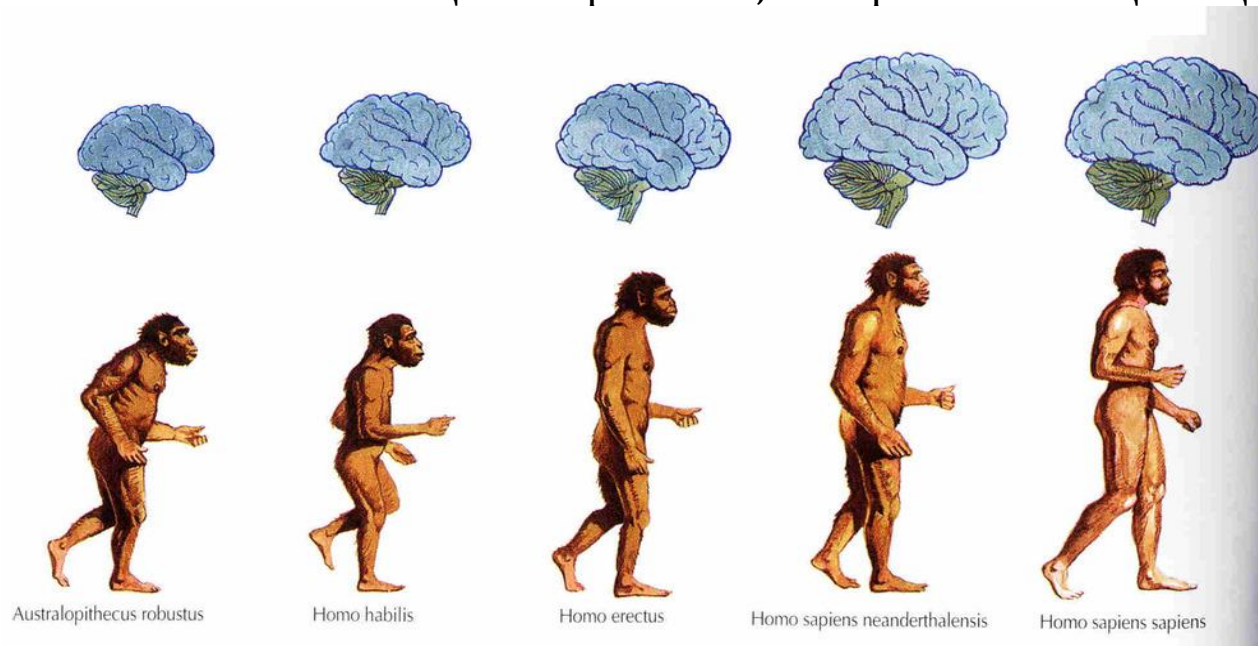
Homo erectus – людина прямоходяча. Змінила людину вмілу близько 1,5 млн років тому, хоча в цей час ще існували пізні австралопітеки. Останні знахідки датуються віком 200 тис. років. Зустрічався ізольованими групами в Африці і Євразії. Відомо кілька викопних форм людини прямоходячої, які за будовою відносяться все ж до одного виду. Це – пітекантроп, знайдений в 1891 р. на острові Ява (Індонезія), і синантроп (китайська людина), поселення якого вивчені в печерах поблизу м. Пекіна. Рост – 160 см і більше, але форми ще не сучасні. Головний мозок 800-1400 мл, ліва півкуля переважає – значить розвинена праворукість. Удосконалювала кам'яні знаряддя праці, полювала, використовувала вогонь від лісових пожеж і вміла підтримувати його тривалий час. Розвинені мислення і примітивна мова, тобто понятійне спілкування як наслідок трудової діяльності. Хоча вже діє соціальний фактор, але продовжується і біологічна еволюція. Природний відбір йде на фізичні якості, прямоходіння, розвиток мозку.



Давні люди (палеоантропи) жили в льодовикову епоху – від 250 до 35 тис. років тому. Перші знахідки людини цього типу зроблені біля річки Неандерталь в Німеччині в 1856 р., тому їх і назвали **неандертальцями**. Фахівці відносять цю давню людину до нового біологічного виду – **Homo neanderthalensis** – людина неандертальська. Була розселена по Африці, Європі, Азії. Ріст – 155-165 см, мозок до 1400 мл, а виступ підборіддя свідчить про мовне спілкування. Використовувала досконалі кам'яні знаряддя. Вогонь не тільки підтримували, але і вміли добувати, що дозволило вижити в умовах льодовикового похолодання, використовували печери. Відзначається поглиблення соціальних відносин: турбота про ближніх, передача досвіду, спільна праця і полювання. Продовжується і відбір на вдосконалення фізичних характеристик, форми скелета, особливо черепа.



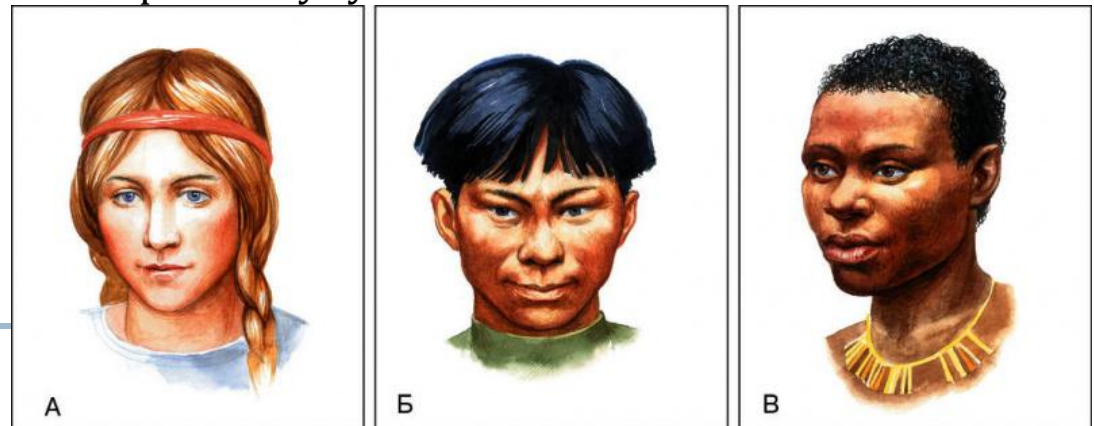
Сучасні, або нові, люди (неоантропи) – **Homo sapiens** – людина розумна. Еволюціонували від прогресивної гілки ранніх неандертальців за різними оцінками від 200 до 50 тис. років тому. Виявлені нові люди відомі як кроманьйонці – по першій знахідці в гроті Кроманьон у Франції в 1868 р. Відокремилися як новий вид у Східному Середземномор'ї – Передній Азії, звідки розселилися по всій Землі. Кроманьйонець має всі фізичні властивості сучасної людини: зріст 180 см, мозкова частина черепа більше лицьової, є надбрівні дуги, розвинені підборіддя та лобні долі мозку (мова і мислення). Створює і вдосконалює кремнієві знаряддя праці. Характерна складна трудова діяльність. Використовується одяг зі шкіри. Створює малюнки на скелях, в печерах, прикраси та предмети культу у вигляді статуєток – зароджується сучасна культура. Біологічна еволюція завершилася, але триває еволюція соціальна.



Сучасна біологічна мінливість всередині виду *Homo sapiens* виражена у формі людських рас. *Раса – категорія систематична, але є підрозділом всередині єдиного поліморфного виду. Людські раси – результат розселення і географічної ізоляції різних популяцій неантропів.* Первинне розселення охоплює період від 500 до 40 тис. років, вторинне відбулося близько 10 тис. років тому. У ході розселення відбувалися морфологічні та функціональні адаптації до різних кліматичних умов. У процесі міграції людей у трьох генеральних напрямках сформувалися і три основні раси:

- 1) **європеїдна** (євразійська) раса – населення Європи, південної Азії, північної Африки (до епохи великих географічних відкриттів і європейської колонізації, після чого почалося змішування рас);
- 2) **негроїдна** (австрало-негроїдна; екваторіальна) раса - населення центральної і південної Африки та Австралії;
- 3) **монголоїдна** (азіатсько-американська) раса – корінне населення центральної та східної Азії, Сибіру, Північної та Південної Америки.

Жодна з рас не досягла видового відокремлення, так як з самого початку відбувалося постійне змішування рас на границях ареалів різних популяцій. Відмінності рівнів культури обумовлені соціальними умовами розвитку суспільства.



Подібності та відмінності людини від тварин

Подібність людини з тваринами визначається, по-перше, будовою і поведінкою організмів. Людина складається з тих же **білків і нуклеїнових кислот**, що і тварина, і багато структур і функцій нашого тіла такі ж, як і у тварин. Чим вище на еволюційній шкалі знаходиться тварина, тим більша її схожість з людиною. По-друге, людський зародок у своєму розвитку проходить ті ж стадії, які пройшла еволюція тварини. І, по-третє, у людини є рудиментарні органи, які виконували важливі функції у тварин і збереглися у людини, хоча зараз не потрібні їй (наприклад, апендикс, куприк). Поява в процесі ембріонального розвитку людини **хорди**, зябрових щілин в порожнині глотки, дорсальній порожнистої нервової трубки, двосторонньої симетрії в будові тіла визначає приналежність людини до типу хордових. Розвиток хребетного стовпа, серце на черевній стороні тіла, наявність двох пар кінцівок – до типу хребетних. **Теплокровність, розвиток молочних залоз, наявність волосся на поверхні тіла** свідчать про приналежність людини до класу ссавців. Розвиток дитинчати всередині тіла матері і харчування плоду через плаценту визначають приналежність людини до підкласу плацентарних. Безліч інших ознак чітко визначають місце людини в системі ряду приматів. **Отже, з біологічної точки зору, людина – один з видів ссавців, що відносяться до ряду приматів.**

Однак і відмінності від тварин фундаментальні. До них насамперед належить **розум**. Вищі тварини не володіють здатністю до понятійного мислення, тобто до формування абстрактних уявлень про предмети, в яких узагальнені основні властивості конкретних речей. Мислення тварин, якщо про таке можна говорити, завжди конкретне; мислення людини може бути абстрактним, узагальнюючим, понятійним, логічним. Завдяки здатності до понятійного мислення людина усвідомлює, що вона робить, і розуміє світ.

Подібності та відмінності людини від тварин

Місце людини в системі тваринного світу

Тип	<i>Хордові</i>
Підтип	<i>Хребетні</i>
Клас	<i>Ссавці</i>
Інфраклас	<i>Справжні звірі (плацентарні)</i>
Ряд	<i>Примати</i>
Підряд	<i>Антропоїди</i>
Родина	<i>Гомініди</i>
Рід	<i>Людина (Ното)</i>
Вид	<i>Людина розумна (Homo sapiens)</i>

Головні відмінності людини від тварин: **понятійне мислення, мова, праця.**

Людина – це функціональна **триєдність сенсорної інформації, поведінкових реакцій і найважливішого сполучної ланки між ними – інтрацеребральних процесів.**

Подібності та відмінності людини від тварин

Однак і відмінності від тварин фундаментальні. До них насамперед належить **розум**. Вищі тварини не володіють здатністю до понятійного мислення, тобто до формування абстрактних уявлень про предмети, в яких узагальнені основні властивості конкретних речей. Мислення тварин, якщо про таке можна говорити, завжди конкретне; мислення людини може бути абстрактним, узагальнюючим, понятійним, логічним. Завдяки здатності до понятійного мислення людина усвідомлює, що вона робить, і розуміє світ.

Іншою головною відмінністю є те, що людина володіє **мовою**. У тварин може бути дуже розвинена система спілкування за допомогою сигналів, але тільки у людини є друга сигнальна система – спілкування за допомогою слів. У природознавстві передбачається, що мова виникла зі звуків, які вимовлялися при роботі, а потім ставали спільними в процесі спільної праці. Таким же шляхом у процесі суспільної праці поступово міг виникнути розум.

Здатність до праці – ще одна фундаментальна відмінність людини від тварин. Тільки людина здатна виготовляти, творити знаряддя праці. З цим пов'язані твердження, що тварини пристосовуються до навколишнього середовища, а людина перетворює його, і що в кінцевому рахунку праця створила людину. Зі здатністю до праці співвідносяться ще дві ознаки людини: прямоходіння, яке звільнило її руки, і, як наслідок, розвиток руки, особливо великого пальця на ній. Нарешті, ще дві характерні ознаки людини, що вплинули на розвиток культури, – використання вогню і поховання трупів.

Свідомість, підсвідомість, надсвідомість

Вища нервова діяльність включає в себе три рівні:

свідомість;

підсвідомість;

надсвідомість (творчу інтуїцію).

Свідомість – об'єкт уваги багатьох наук, як природничих, так і гуманітарних. Органом свідомості є мозок і інтерес до нього дуже великий. Традиційно свідомість визначається як вища, властива тільки людині функція головного мозку. Питання свідомості нерозривно пов'язані з проблемою існування світу і проблемами пізнання людиною самої себе. **Отже, свідомість є особливою формою психічної діяльності, орієнтованої на відображення й перетворення дійсності.** Вона становить собою таку функцію людської психіки, сутність якої – в адекватному, узагальненому, цілеспрямованому активному відображенні, що здійснюється в символічній формі, й творчому перетворенні зовнішнього світу, його порівнянні з попереднім досвідом, у виокремленні людиною себе з навколишнього середовища і здатності аналізувати себе й свою свідомість. Через свідомість забезпечується попередня побудова дій та передбачення їхніх наслідків, у контролюванні поведінки й керуванні нею, у здатності особистості давати собі раду в навколишньому матеріальному світі, у власному духовному житті.

Свідомість – це спільне знання, загальне, те, що може бути передане іншим людям. Мова служить нормою вираження думки і засобом спілкування людей. Думка ніколи не дорівнює прямому значенню слова, але вона є неможливою без слів.

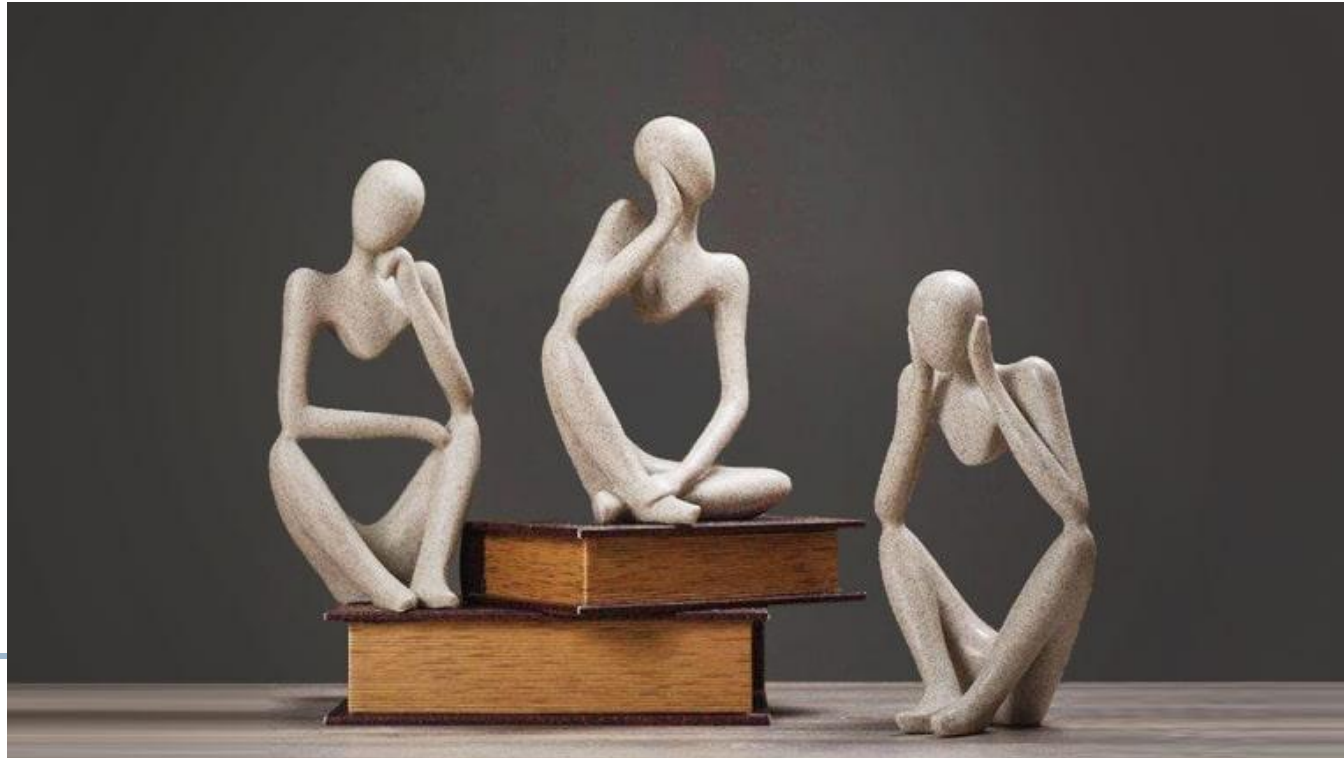
У зоні ясної свідомості знаходить своє відображення мала частина психічного. Сигнали, що потрапили в зону ясної свідомості, людина використовує для усвідомленого управління своєю поведінкою. Інші сигнали психіка також використовує для регулювання деяких процесів, але на підсвідомому рівні.

Підсвідомість – це уявлення, бажання, потяги, почуття, стани, психічні явища та акти, які колись упродовж життя «вийшли» зі свідомості, виявляються у відповідних ситуаціях ніби автоматично, без чіткого й зрозумілого усвідомлення, але за певних умов їх можна повернути назад та усвідомити. Справді, у звичайних ситуаціях людина зовсім не замислюється, що те, що вона бачить, – це не є власне зовнішній світ, а його зоровий образ. **Інакше кажучи, людина не усвідомлює власного процесу сприйняття.** У цьому немає необхідності: людина пристосована діяти завдяки своїм зоровим образам, відношення між образом того чи іншого предмета й самим предметом, дією з ним є усталеним, і його використовують у процесі регуляції поведінки, діяльності автоматично. Підсвідомі процеси та явища реалізують специфічну функцію людської психіки, сутність якої – в ефективному регулюванні її стосунків з дійсністю, що перебуває за порогом свідомості. Підсвідомі процеси виконують певну захисну функцію: позбавляють психіку від постійного напруження свідомості там, де в цьому немає потреби.

Явища людської психіки дуже різноманітні. І аж ніяк не всі з них охоплює сфера свідомості й навіть підсвідомості. Психічна діяльність може виходити за межі підсвідомого, переміщаючись або на рівень свідомості, або на рівень надсвідомого.

Свідомість, підсвідомість, надсвідомість

Надсвідомість (або творча інтуїція) розуміється як первинний етап творчості, яка не контролюється ні свідомістю, ні волею. Ця діяльність забезпечує особистості висунення, обґрунтування гіпотез, пошуків. **Надсвідомість утримує психічні явища, акти й стани, які виникли внаслідок взаємодії із Всесвітом, а також психічні механізми такої взаємодії.** До надсвідомих явищ зараховують творче натхнення, випадки миттєвого розв'язання завдань, які тривалий час не піддавалися свідомим зусиллям, і ті явища, які називають парапсихічними, тощо.



Спроби визначити поняття «сталий розвиток» робилися неодноразово, і більшість з них так чи інакше виходять з того, що це поняття має включати три обов'язкові елементи:

- збереження екологічної цілісності;
- забезпечення економічної ефективності;
- гарантія рівності як щодо інтересів нинішнього і майбутнього поколінь, так і міркувань культурного та економічного порядку.

Термін «сталий розвиток» був введений Міжнародною комісією з навколишнього середовища і розвитку (Комісія Брунтланд) у 1987 році. Під сталим розуміють такий розвиток, який задовольняє потреби теперішнього часу, але не ставить під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби.

Сталий розвиток включає в себе два ключові взаємозалежні поняття:

- поняття потреб, у тому числі пріоритетних (необхідних для існування найбідніших верств населення);
- поняття обмежень (обумовлених станом технології і організацією суспільства), що накладаються на здатність навколишнього середовища задовольняти нинішні і майбутні потреби людства.

Основним завданням сталого розвитку проголошується задоволення людських потреб і прагнень. Важливо підкреслити, що сталий розвиток вимагає задоволення найбільш важливих для життя потреб усіх людей і надання всім можливості задовольняти свої прагнення до кращого життя в рівній мірі.

Концепція сталого розвитку ґрунтується на п'яти основних принципах

1. Людство дійсно може надати розвитку сталого і довготривалого характеру, для того щоб він відповідав потребам людей, що живуть зараз, не втрачаючи при цьому можливості майбутнім поколінням задовольняти свої потреби.
 2. Обмеження, які існують в галузі експлуатації природних ресурсів, відносні. Вони пов'язані з сучасним рівнем техніки і соціальної організації, а також із здатністю біосфери до самовідновлення.
 3. Необхідно задовольнити елементарні потреби всіх людей і всім надати можливість реалізувати свої надії на благополучніше життя. Без цього сталий і довготривалий розвиток просто неможливий. Одна з головних причин виникнення екологічних та інших катастроф - злидні, які стали у світі звичайним явищем.
 4. Необхідно налагодити стан життя тих, хто користується надмірними засобами (грошовими і матеріальними), з екологічними можливостями планети, зокрема відносно використання енергії.
 5. Розміри і темпи росту населення повинні бути погоджені з виробничим потенціалом глобальної екосистеми Землі, що змінюється
-

Загальні положення концепції сталого розвитку.

У 1992 р. у Ріо-де-Жанейро відбулася міжнародна конференція, на якій була продовжена розробка основ концепції сталого розвитку. Ця концепція була прийнята на попередній конференції та викладена в доповіді «Наше спільне майбутнє». Узагальнені ідеї конференції викладені у документі «Порядок денний на 21 століття та інші документи конференції в Ріо-де-Жанейро в популярному викладі». Він містить такі загальні положення:

- боротьба з бідністю є загальним обов'язком всіх країн;
 - стратегії розвитку повинні передбачити вирішення комплексу проблем зростання населення, здоров'я екологічних систем, технологій і доступу до ресурсів;
 - демографічні програми повинні бути частиною більш широкої політики;
 - країни повинні мати уявлення про свої національні можливості щодо життєзабезпечення населення;
 - здоров'я людей залежить від здоров'я довкілля;
 - до 2000 р. половина населення світу буде жити в містах;
 - зростання потреби людства в земельних і природних ресурсах веде до конкуренції та конфліктів;
 - урядам слід розробити програми національних дій для сталого розвитку лісового господарства;
 - необхідні національні програми по боротьбі з опустелюванням;
-

Загальні положення концепції сталого розвитку.

- ❑ доля гірських екосистем впливає на життя половини населення земної кулі;
- ❑ невідомо наскільки світ буде здатний в довгостроковій перспективі задовольняти зростаючий попит на продукти харчування та інші продукти сільського господарства;
- ❑ близько 70 % забруднення морського середовища пов'язане з наземними джерелами;
- ❑ краще потроху для всіх, ніж багато для деяких;
- ❑ відсутні вкрай важливі дані про небезпеку для здоров'я людини та навколишнього середовища великого числа вироблених в значних обсягах хімічних речовин;
- ❑ збільшення обсягів побутових відходів і стічних вод у містах створює загрозу здоров'ю людини і навколишньому середовищу. До 2025 р. їх обсяг може зрости в 4-5 разів;
- ❑ глобальне навколишнє середовище змінюється в даний час набагато швидше, ніж будь-коли в попередні сторіччя. У наступному столітті можуть відбутися значні екологічні зміни і несподівані події.



Умови сталого розвитку.

Для досягнення сталого розвитку потрібні:

- політична система, що забезпечує участь широких мас населення у прийнятті рішень;
 - економічна система, що забезпечує розширене відтворення і технічний прогрес на власній базі;
 - соціальна система, яка знімає напругу, що виникає при негармонійному економічному розвитку;
 - система виробництва, що зберігає еко-ресурсну базу;
 - технологічна система, що забезпечує постійний пошук нових рішень;
 - міжнародна система, що сприяє стійкості торговельних і фінансових зв'язків;
 - адміністративна система досить гнучка і здатна до самокорекції;
 - концепція сталого розвитку, яка ґрунтується на понятті основного мінімуму, визначеного як сумарний результат наступних положень:
 - співвідношення норм споживання та довготривала стійкість розвитку;
 - характер потреб, визначений пропагандою, вихованням і традиціями;
 - співвідношення демографічних змін і еволюції виробничого потенціалу;
 - сталий розвиток не може ставити під загрозу природні системи, від яких залежить життя на Землі: атмосферу, водні ресурси, ґрунт і живі істоти. Крім того, існують абсолютні межі зростання і навантажень на екосистеми.
-

Багато видів розумової діяльності людини, такі як, наприклад, написання програм для обчислювальних машин, заняття математикою, ведення міркувань на рівні здорового глузду і навіть водіння автомобіля – вимагають «інтелекту». Протягом останніх десятиліть було побудовано декілька комп'ютерних систем, здатних виконувати подібні завдання. Є системи, здатні діагностувати захворювання, планувати синтез складних синтетичних сполук, вирішувати диференціальні рівняння в символічному вигляді, аналізувати електронні схеми, розуміти обмежений обсяг людської мови і природного мовного тексту. Можна сказати, що такі системи в певній мірі володіють штучним інтелектом. Робота з побудови таких систем проводиться в області, що отримала назву штучний інтелект.

При реалізації інтелектуальних функцій присутня інформація, що зветься знаннями. Іншими словами, інтелектуальні системи є в той же час системами обробки знань. В даний час в дослідженнях з штучного інтелекту виділилися шість основних напрямків:

Представлення знань. У рамках цього напрямку вирішуються завдання, пов'язані з формалізацією і поданням знань у пам'яті системи штучного інтелекту. Для цього розробляються спеціальні моделі подання знань та мови опису знань, впроваджуються різні типи знань. Проблема подання знань є однією з основних проблем для системи штучного інтелекту, так як функціонування такої системи спирається на знання проблемної області, які зберігаються в її пам'яті.

Маніпулювання знаннями. Щоб знаннями можна було користуватися при вирішенні завдання, слід навчити систему штучного інтелекту оперувати ними. У рамках даного напрямку розробляються способи поповнення знань на основі їх неповних описів, створюються методи достовірного і правдоподібного виведення на основі наявних знань, пропонуються моделі міркувань, що спираються на знання та імітують особливості людських міркувань. Маніпулювання знаннями дуже тісно пов'язане з поданням знань, і розділити ці два напрямки можна лише умовно.

Спілкування. У коло завдань цього напрямку входять: проблема розуміння і синтезу текстів на природній мові, розуміння і синтез мови, теорія моделей комунікацій між людиною і системою штучного інтелекту. На основі досліджень у цьому напрямку формуються методи побудови лінгвістичних процесів, діалогових систем та ін., метою яких є забезпечення комфортних умов для спілкування людини з системою штучного інтелекту.

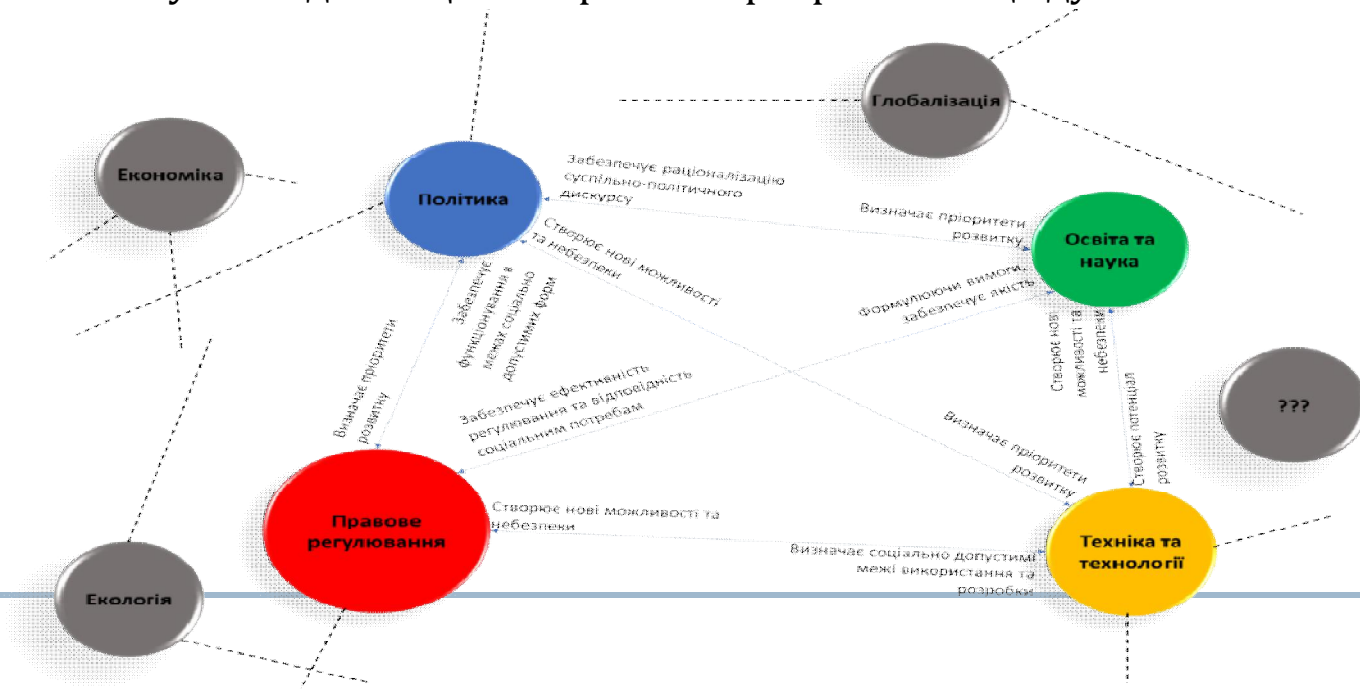
Сприйняття. Цей напрямок включає розробку методів подання інформації про зорові образи в базі знань, створення методів переходу від зорових сцен до їх текстового опису і методів зворотного переходу, створення засобів для породження зорових сцен на основі внутрішніх уявлень в системах штучного інтелекту.



Концепція сталого розвитку

Навчання. Для розвитку здатності систем штучного інтелекту до вирішення завдань, з якими вони раніше не зустрічалися, розробляються методи формування умов завдань за описом проблемної ситуації або за спостереженням за нею, методи переходу від відомого рішення окремих завдань (прикладів) до вирішення загальної задачі, створення прийомів декомпозиції вихідної задачі на більш дрібні і вже відомі для систем штучного інтелекту. У цьому напрямку зроблено ще вельми мало.

Поведінка. Оскільки системи штучного інтелекту повинні діяти в деякому навколишньому середовищі, то необхідно розробляти певні поведінкові процедури, які дозволили б їм адекватно взаємодіяти з навколишнім середовищем, іншими системами штучного інтелекту та людьми. Цей напрям теж розроблено ще дуже слабо.



Ноосферу розглядають як сферу взаємодії природи і суспільства, в якій людський розум при посередництві технічно оснащеної діяльності стає визначальним чинником розвитку. Появу вчення про ноосферу призвів розвиток природознавства Нового часу. Ж. Бюффон (1707-1778) обґрунтував геологічне значення людини. Д.Д. Дана (1813-1895) і Д. Ле-Конт (1823-1901) – виявили емпіричне узагальнення, яке показує, що еволюція живої речовини йде в певному напрямку, названому процесом «цефалізації» (грец. κεφαλε – голова). У 1922-23 рр. В.І. Вернадський (1863-1945), читаючи лекції в Парижі, висунув тезу про біогеохімічні явища як основу біосфери. У 1927 р. французький математик і філософ Е. Леруа ввів поняття ноосфери як сучасної стадії біосфери. В.І. Вернадський прийняв таке поняття, що допомагає пояснити наслідки зростаючого вторгнення людини в планетарні геохімічні цикли. **Для Вернадського процес перетворення біосфери шляхом втручання людини був процесом ноо-генезису.** Інтенсивне і збалансоване співіснування в рамках ноосфери забезпечує управління біохімічними циклами. Він був переконаний, що перехід до ноосфери відбувається під впливом наукових досягнень, і чекав, коли людство, нарешті, усвідомить це. Вимога переходу до ноосфери означає для людства реконструкцію біосфери в інтересах вільно мислячого людства як єдиного цілого.

Ноосфера – нове геологічне явище на нашій планеті. У ній вперше людина стає найбільшою геологічною силою. Вона може і повинна перебудувати своєю працею і думкою область свого життя. У завдання людини епохи ноосфери входить правильне, раціональне використання ресурсів Землі, не порушуючи його екологічної рівноваги у всіх напрямках. Земна ноосфера виявляється безпосередньо пов'язаною з Космосом.

У працях Вернадського зазначений ряд конкретних умов, необхідних для становлення та існування ноосфери. Простежимо, наскільки виконуються ці умови в сучасному світі і зупинимося більш детально на деяких з них:

1. Заселення людиною всієї планети. Ця умова виконана. На Землі не залишилося місць, де не ступала б нога людини.
 2. Різке перетворення засобів зв'язку та обміну між країнами. Цю умову також можна вважати виконаною. За допомогою радіо, телебачення та Інтернету ми миттєво дізнаємося про події в будь-якій точці земної кулі. Засоби комунікації постійно вдосконалюються, прискорюються, з'являються такі можливості, які недавно важко було уявити.
 3. Посилення зв'язків, у тому числі політичних, між всіма країнами Землі. Цю умову можна вважати якщо не виконаною, то, принаймні, такою, що виконуються. Організація Об'єднаних Націй (ООН) виявилася набагато більш стійкою і діючою, ніж Ліга Націй, що існувала в Женеві (1910-1946).
 4. Переважання геологічної ролі людини над іншими геологічними процесами, що протікають у біосфері. Цю умову також можна вважати виконаною. Обсяг гірських порід, що добувають із глибин Землі всіма шахтами і кар'єрами світу, зараз майже в два рази перевищує середній обсяг викидів усіма вулканами Землі.
 5. Відкриття нових джерел енергії. Умова виконана, але, на жаль, з трагічними наслідками. Атомна енергія давно освоєна і в мирних, і у військових цілях.
-

6. Розширення меж біосфери та вихід у космос. У роботах останнього десятиліття життя Вернадський не вважав межі біосфери постійними. Він підкреслював розширення їх у минулому як підсумок виходу живої речовини на сушу, появи високостовбурні рослинності, літаючих комах, а пізніше літаючих ящерів і птахів. У процесі переходу в ноосферу межі біосфери мають розширюватися, а людина повинна вийти в космос. Ці передбачення збулися.

7. Рівність людей всіх рас і релігій. Ця умова в процесі виконання. Рішучим кроком для встановлення рівності людей різних рас і віросповідань був розпад в кінці минулого століття колоніальних імперій.

8. Зростання ролі народних мас у вирішенні питань зовнішньої та внутрішньої політики. Це умова дотримується у всіх країнах з парламентською формою правління.

9. Свобода наукової думки і наукового пошуку від тиску релігійних, філософських і політичних переконань і створення в державі умов, сприятливих для вільної наукової думки. У розвинених і навіть країнах, що розвиваються, державний і суспільний лад створюють режим максимального сприяння для вільної наукової думки.

10. Розумне перетворення первинної природи Землі з метою зробити її здатною задовольнити всі матеріальні, естетичні і духовні потреби чисельно зростаючого населення. Ця умова не може вважатися виконаною, однак перші кроки в напрямі розумного перетворення природи в другій половині ХХ ст. почали здійснюватися. У сучасний період відбувається інтеграція наук на базі екологічних ідей. Вся система наукового знання дає фундамент для екологічних завдань.

11. Виключення війн з життя суспільства. Цю умову Вернадський вважав надзвичайно важливою для створення та існування ноосфери. Але її не виконано. Світова спільнота прагне не допустити воєн, хоча локальні війни ще забирають багато життів.

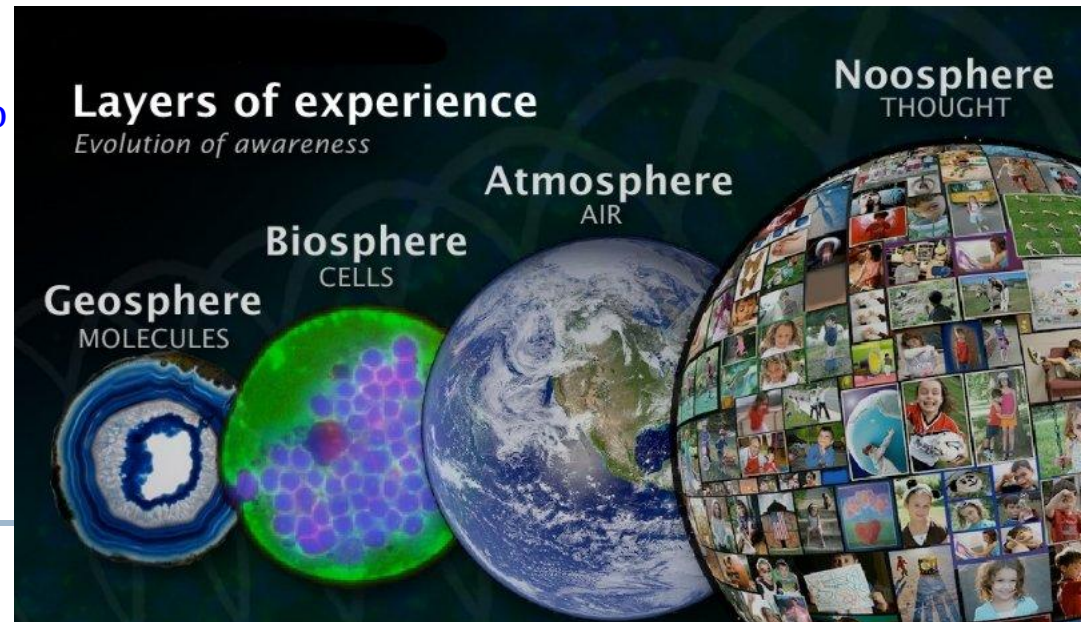
Основоположники вчення про ноосферу вірили, що людський розум, перетворюючись на планетарну геологічну силу, призведе до впорядкування природної та соціальної дійсності, до більш досконалих форм буття. Як результат свідомого, планомірного перетворення біосфери, її переходу в якісно новий стан виникне ноосфера. Вернадський і Тейяра де Шарден пов'язували цей процес з соціалістичною орієнтацією, розширюючи завдання подолання стихійності природи до подолання стихійності в житті суспільства. У деяких контекстах ноосфера розглядалася як повне усунення зла, як загальне благо (особливо в космічних варіантах, наприклад, у К.Е. Ціолковського).

Сучасні тенденції розвитку, на жаль, не свідчать про наближення до ноосферного ідеалу, вони швидко ведуть (у ряді випадків вже призвели) до серйозних порушень (якщо не до повного знищення) природних екосистем. Наші нинішні відносини з навколишнім середовищем дуже далекі від стійкості.

У рамках екології, оскільки зараз наша цивілізація перебуває в процесі переходу від біосфери до ноосфери, коли розум стає визначальною силою суспільства, цілком природно визначити перспективи подальшого розвитку світу. Оптимістичні прогнози стверджують, що нові технології будуть безвідхоними, менш енергоємними і більш досконалими. Песимістичні прогнози стверджують, що через технологічне та енергетичне забруднення світ йде до загибелі. Тут заслуговує на увагу ініціатива вчених і громадських діячів, що об'єдналися в рамках Римського клубу, які вивчають межі зростання та актуальні проблеми людства. Вони показали, що якщо споживання ресурсів і промисловий ріст разом зі збільшенням чисельності населення будуть тривати такими ж темпами, то буде досягнута межа зростання, наслідком якої буде катастрофа.

Аналізуючи можливості все зростаючої потужності цивілізації, В.І. Вернадський прийшов до висновку про те, що людству як частині живої речовини доведеться взяти на себе відповідальність за майбутній розвиток біосфери і суспільства. В інтересах майбутнього всього людства біосфера повинна змінитися. Змінитися повинні геохімічні цикли біосфери та її здатність забезпечувати потреби людства відповідно до змін природи суспільства, а може, і природи самої людини. Таке взаємовідношення людини і біосфери називається коеволуцією. Причому перехід людства в епоху ноосфери В.І. Вернадський розглядав як один з активів «приспосовування» людства. Перехід біосфери в її новий стан буде супроводжуватися виробленням нових принципів узгодження своїх дій і нової поведінки людей нової моральності, зажадає зміни стандартів та ідеалів. По суті, це центральна проблема, що стоїть сьогодні перед людством: як забезпечити спільну еволюцію (*коеволуцію*) біосфери і людини, а разом з нею і подальший розвиток цивілізації?

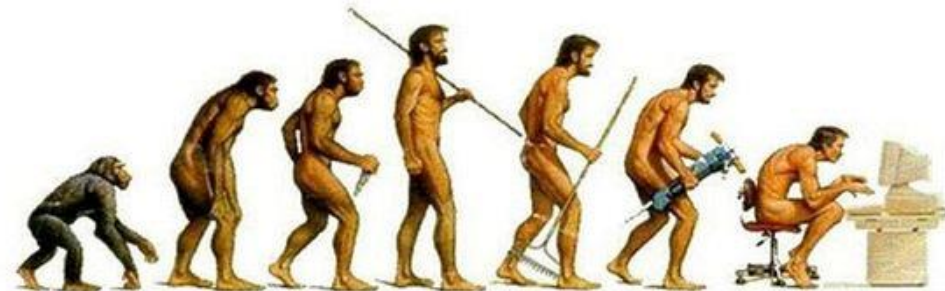
Таким чином, вчення В.І. Вернадського стало тією завершальною ланкою, яка об'єднала еволюцію живої речовини зі світом неживої природи та акцентувала увагу на сучасних проблемах розвитку суспільства.



Генетика (грец. *genos* - походження) – наука, що вивчає механізм та закономірності спадковості і мінливості організмів. Книгу англійського лікаря Дж. Адамса (1756-1818) «Трактат про передбачувані спадкові властивості хвороб на основі клінічних спостережень» (1814), відому також під назвою «Філософський трактат про спадкові властивості людської раси», можна вважати першим науковим довідником для генетичного консультування. У ній зазначено, що шлюби між родичами підвищують частоту сімейних (рецесивних за сучасними поняттями) хвороб; спадкові (домінантні) хвороби не завжди виявляються відразу після народження, але можуть розвиватися в будь-якому віці; не всі вроджені хвороби є спадковими, бо частина з них пов'язана з внутріутробним ушкодженням плоду.

У 1869 р. англійський дослідник Ф. Гальтон (1822-1911) сформулював основні принципи євгеніки (грец. *eugenes* – «хорошого роду») – науки про спадкове здоров'я людини та шляхи його поліпшення. Він вважав, що насамперед необхідно не позбавлятися патологічних генів, а збільшувати кількість «сприятливих» генів у людських популяціях, створюючи умови для розмноження обдарованих людей.

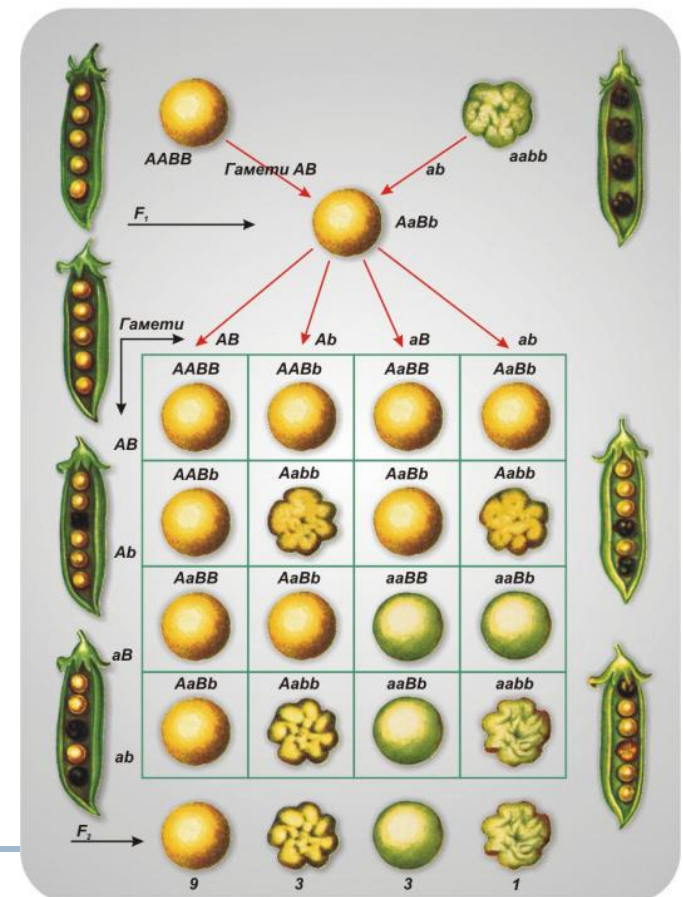
Друга половина ХІХ в. є значним кроком у розвитку наук про живе: в 1859 р. з'явилася робота Ч. Дарвіна (1809-1882) про еволюцію в живій природі – «Походження видів шляхом природного відбору».



Іншою подією була публікація в 1865 р. роботи під назвою «Досліди над рослинними гібридами» чеського дослідника Г. Менделя (1822-1884). Робота Г. Менделя відносилася по своєму предмету до широкого кола питань вивчення спадковості на рослинах. Г. Менделю були відомі результати дослідження спадковості людини в медицині. Його робота перебувала в багатьох бібліотеках європейських наукових співтовариств, але на неї не звернули належної уваги.

У 1900 р. три ботаніки незалежно один від одного, не знаючи робіт Г. Менделя, «перевідкрили» закони Г. Менделя (Де Фриз з Голландії, Корренс з Німеччини, Чермак з Австрії). **1900 вважається роком народження генетики, хоча це не зовсім справедливо.** У 1905 р. В. Бетсон запропонував термін «генетика», а в 1909 р. В. Йогансен ввів термін «ген» (грец. genes – рід) для позначення спадкових факторів. Він же ввів ще два важливих терміна: **генотип** – сукупність генів у однієї особини і **фенотип** – сукупність ознак організму. На основі гібридологічного методу Г. Мендель сформулював три знаменитих законів успадкування ознак (закони Г. Менделя). Ці закони говорять про спадковість і зміни як явищі (феномені), але не зачіпають біохімічний рівень пояснення.

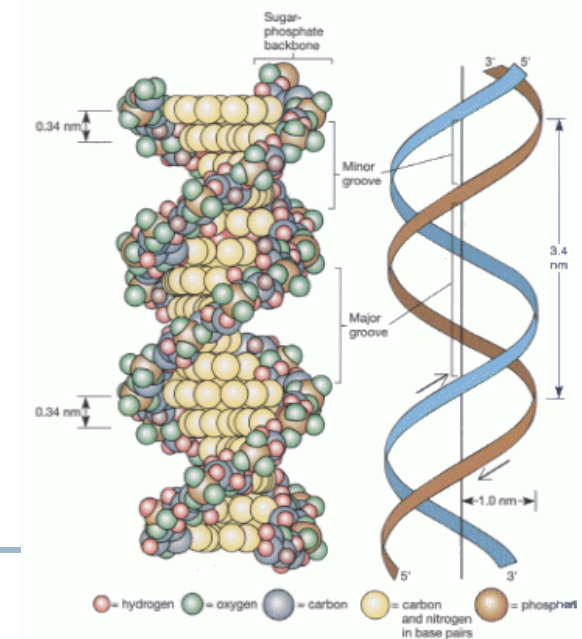
Дигібридне схрещування



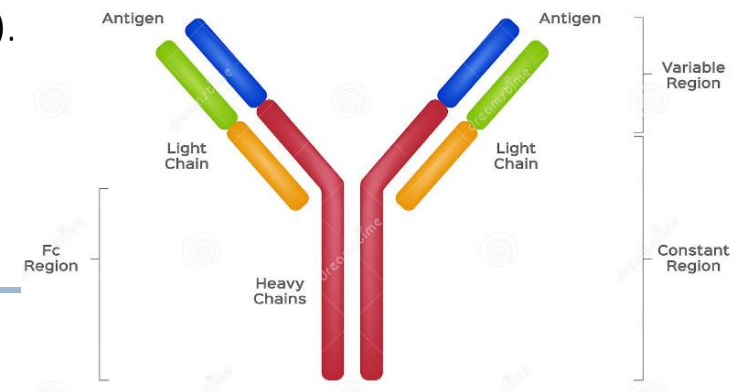
Починаючи з перших десятиліть минулого століття, відбулося об'єднання з фізикою і хімією. Всі організми складаються з атомів, отже, вони повинні підкорятися фізичним та хімічним законам. Організмам належить здатність створення впорядкованості, але її фізико-хімічна сторона не виходить за межі другого закону термодинаміки. *Ген як одиниця спадковості і мінливості – це аперіодичний кристал, що чинить опір флуктуаціям (відхиленням), що порушує умови існування живого. Цей рух призвів до сучасного рівня розвитку генетики і дослідженню еволюції живого.*

У 1944 р. американські біохіміки О.-Т. Ейвері (1877-1955), К.-М. Маклеод (1909-1972) і М. Маккарті (1911-2005) виявили, що передача спадкової інформації пов'язана з дезоксирибонуклеїною кислотою (ДНК). Вони досліджували процес трансформації (лат. transformatio – перетворення) ДНК – набуття ознаки штаму (нім. stamm – чиста культура) мікроорганізму одного виду іншим мікроорганізмом в результаті проникнення в його ДНК штаму першого мікроорганізму.

Це відкриття стало стимулом для аналізу спадковості на молекулярному рівні. А завдяки створенню в 1953 р. американським біохіміком Дж. Вотсоном (нар. 1928) та англійським фізиком Ф. Кріком (1916—2004) моделі молекулярної структури ДНК почалося поглиблене вивчення молекулярної, біохімічної та імунної генетики людини.



Розвиток генетики в минулому столітті співпало з формуванням науки про захисні властивості організмів. Початок дослідження цієї проблеми пов'язаний з роботами Луї Пастера та І. Мечнікова (1845-1916). У 1945 році Нобелівський лауреат П. Медавр довів, що організм захищає свій імунітет (лат. immunitas – звільнення від чого-небудь) не тільки від мікробів, але і від клітин будь-якого генетично чужорідного організму. **Імунітет** – це спосіб захисту організму від живих тіл і речовин, що несуть ознаки генетичної чужорідності. Імунна система людини (всі лімфоїдні органи і лімфоїдні клітини людини) має загальну масу в 1,5-2 кг. **Число лімфоїдних клітин в організмі людини дорівнює приблизно 10^{12}** . Дослідження цього питання показали, що при поділу клітин у багатоклітинних організмах приблизно одна з мільйона клітин стає генетично відмінною від вихідної. У багатоклітинному організмі людини в кожний момент поділу клітин утворюється близько 1 млн клітин-баластів. Для ліквідації клітин-баластів і проникнення в організм генетично чужорідних зовнішніх тіл існує у організмів імунна система. **Антиген** – це всі ті речовини, які несуть ознаки, генетично чужорідні організму. Введення в організм антигену викликає розвиток специфічних імунологічних реакцій: наприклад, вакцинація веде спочатку до ослаблення організму, а потім – до вироблення імунного захисту від даного антигену шляхом вироблення антитіл (білки з класу імуноглобулінів проти антигенів).

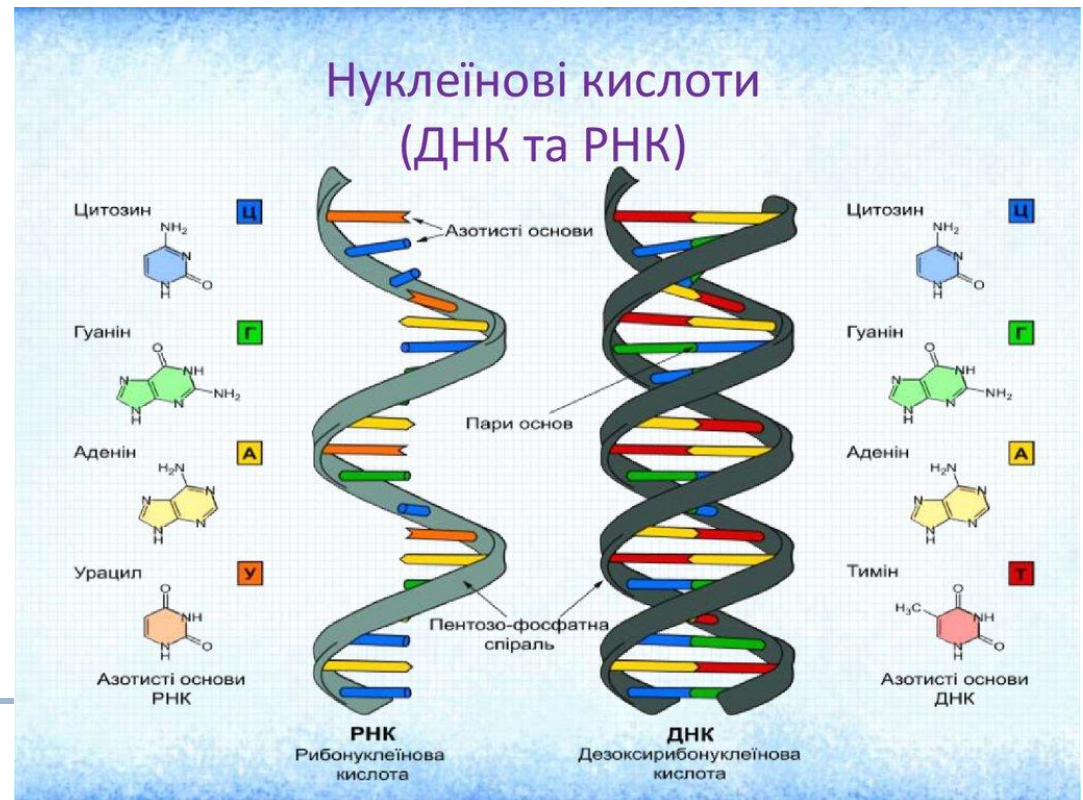


Імунологічні дослідження минулого сторіччя дозволили зробити дуже важливий висновок про еволюцію живого: багатоклітинні організми, що складаються з більше 100 млн клітин, могли виникнути і еволюціонувати тільки за однієї обов'язкової умови – виникнення спеціальної системи імунних клітин.

Глибоке вивчення імунних систем організмів призвело до широкого обговорення в кінці минулого століття питання про роль РНК в імунній системі організмів і у виникненні життя взагалі. Було встановлено, що імунні ділянки РНК, на які довгий час не звертали особливої уваги, відповідальні за розпізнання маскувань вірусів, що проникають в чужий організм, під виглядом послідовності нуклеотидів цього організму.

За відсутності подібної імунної РНК живі організми не могли б виникнути, а тим більше вижити.

Далі виявилось, що в геномі людини міститься спадкова інформація про реліктові віруси, які колись з'явилися в геномі людини і зберігаються сьогодні. Вони відтворюють себе, переміщаючись по геному людини, але не створюють нових поколінь.

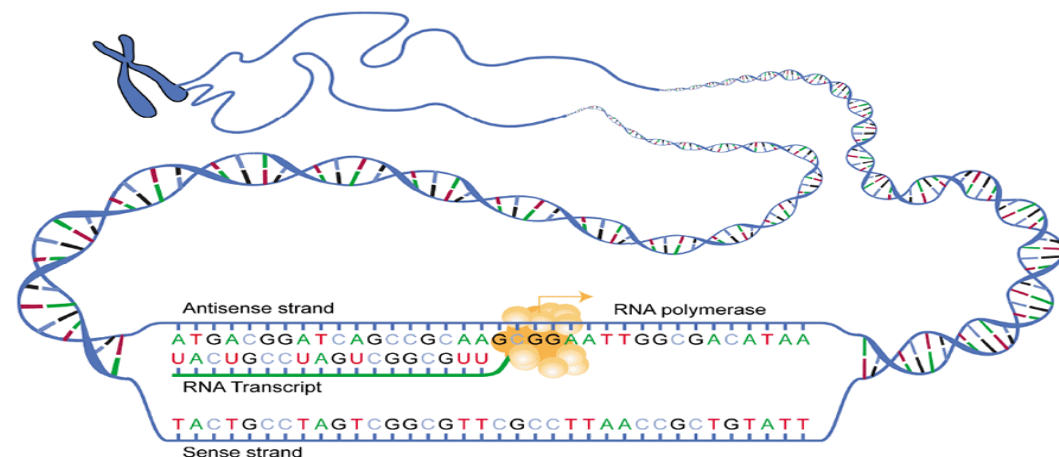


У цілому сучасна генетика початку ХХІ ст. прийшла до наступних результатів:

1. В одному наборі хромосом ДНК клітини людини міститься $3,5 \cdot 10^9$ пар азотистих основ, отже, у подвійному наборі хромосом ДНК клітини людини – 7 млрд пар азотистих основ.
 2. **Ген** – це ділянка ДНК, що складається з послідовності нуклеотидів або пар азотистих основ, який кодує білок або РНК. Головна властивість гена – це поєднання високої стійкості як одиниці спадковості, що передається від покоління до покоління, зі здатністю до спадкових змін, мутацій в якості основи їх мінливості.
 3. Ген має екзон-інтронну будову. **Екзони** – це ділянки гена, які кодують білок або РНК. **Інтрони** – це ділянки гена, що не беруть участь в кодуванні ні білка, ні РНК. На думку більшості генетиків, ця будова гена характерна для людини і деяких інших вищих тварин, але не для бактерій, в їхніх генах немає інтронів. Така будова гена у людини створює широкі можливості кодування білків або РНК: знімається копія з ДНК у вигляді матричної РНК, в якій присутні інтрони, потім ця первинна м-РНК перетворюється в основну м-РНК без копій інтронів. «Вирізаючи» у різному порядку інтрони, можна з'єднувати в різній комбінації екзони, як з літер одного слова можна створити велику кількість інших слів.
 4. Підрахунок числа генів у людини ґрунтується на різних методиках, тому часто наводяться різні числа **від 40 000 до 100 000 генів**. Труднощі підрахунку генів тварин полягає в тому, що чим вище рівень складності будови і поведінки організму, тим більше в його ДНК послідовностей нуклеотидів, які не кодують ні білок, ні РНК. У 21-й хромосомі людини є ділянка з 7 млн пар нуклеотидів. У ньому виявлено один ген.
-

5. У 2003 р. було встановлено, що з 3,5 млрд пар нуклеотидів в одному наборі хромосом ДНК клітини людини трохи більше 1 % беруть участь у кодуванні білка, більше 28 % пар нуклеотидів беруть участь у кодуванні РНК, а інші 70 % пар виконують якісь інші функції в геномі людини. Сьогодні аналіз саме цієї частини ДНК людини відкриває багато незрозумілої інформації, яка з часом отримає відповідне пояснення.
 6. **Геномом** людини називають сьогодні всю спадкову інформацію людини.
 7. Вивчення геному людини висвітлює по-новому проблему точності, «молекулярного годинника». Стало відомо, що більшість **точкових мутацій (заміна одного нуклеотиду на інший) відбувається в середньому з частотою 175 нових мутацій на одне покоління (25 років)**. Оскільки більшість мутацій є нейтральними для організму, то вони можуть зберігатися в еволюції організмів тривалий час. Сучасні дані про швидкість зміни ДНК організмів різних видів дозволяють встановити в середньому, як часто в ДНК того чи іншого геному відбуваються мутації за 1 млн років.
 8. Порівнюючи організми різних видів за подібністю і відмінністю складу їх геномів, «**молекулярні годинники**» можуть вказати приблизний час, коли ці два види мали спільного предка.
-

5. У 2003 р. було встановлено, що з 3,5 млрд пар нуклеотидів в одному наборі хромосом ДНК клітини людини трохи більше 1 % беруть участь у кодуванні білка, більше 28 % пар нуклеотидів беруть участь у кодуванні РНК, а інші 70 % пар виконують якісь інші функції в геномі людини. Сьогодні аналіз саме цієї частини ДНК людини відкриває багато незрозумілої інформації, яка з часом отримає відповідне пояснення.
6. **Геномом** людини називають сьогодні всю спадкову інформацію людини.
7. Вивчення геному людини висвітлює по-новому проблему точності, «молекулярного годинника». Стало відомо, що більшість **точкових мутацій** (заміна одного нуклеотиду на інший) відбувається в середньому з частотою 175 нових мутацій на одне покоління (25 років). Оскільки більшість мутацій є нейтральними для організму, то вони можуть зберігатися в еволюції організмів тривалий час. Сучасні дані про швидкість зміни ДНК організмів різних видів дозволяють встановити в середньому, як часто в ДНК того чи іншого геному відбуваються мутації за 1 млн років. Порівнюючи організми різних видів за подібністю і відмінністю складу їх геномів, «молекулярні годинники» можуть вказати приблизний час, коли ці два види мали спільного предка.



Вже зараз молекулярна генетика відкриває широкі перспективи для генної інженерії. Один з таких перспективних напрямків – **створення генетично модифікованих організмів (ГМО), або трансгенів** – організмів, генетичний код яких було змінено за допомогою прищеплення синтетичного генетичного матеріалу або сторонніх генів для надання їм певних властивостей. **Завдяки внесенню нових генів організм (мікроорганізм, рослина, тварина або навіть людина) отримує нові бажані ознаки, які раніше в нього були відсутні.** За останні десятиліття проведено польові випробування тисяч різних трансгенних рослинних культур, одні з яких стійкі до вірусів, інші – до гербіцидів, треті – до інсектицидів. **Площа посівів стійких до гербіцидів трансгенних сої, бавовни, кукурудзи займають 28 млн га в усьому світі.** Розвинена також індустрія трансгенних тварин. Вони широко використовуються для наукових цілей як джерело органів для трансплантації, як виробники терапевтичних білків, для тестування вакцин та ін.

Складовою частиною проектів створення ГМО є дослідження і розробки в галузі генної терапії – **лікувальні процедури, такі, як введення потрібних трансгенів в клітини хворого організму, заміна хворих генів здоровими, адресна доставка ліків в уражені клітини.** Трансгени, потрапляючи у клітину, компенсують її генетичні дефекти, послаблюючи або посилюючи синтез того чи іншого білка.



Надалі трансгенні технології передбачають використовувати для вирішення широкого кола проблем. Так, для вирішення ряду екологічних проблем розробляється програма конструювання трансгенних мікробів, які можуть активно поглинати CO₂ з атмосфери, а отже, знижувати парниковий ефект; активно поглинати воду з атмосфери, значить перетворювати пустелі на родючі землі; конструювати трансгенні мікроорганізми, що підвищують родючість ґрунтів, конвертуючі відходи, що знижують проблему дефіциту сировини (трансгенні мікроби, що синтезують каучук) і т.п.

Для підвищення ефективності сільського господарства передбачається створювати трансгенні рослини з підвищеною харчовою і кормовою цінністю, трансгенні дерева для виробництва паперу, для нарощування деревини, трансгенних тварин з підвищеною продуктивністю біомаси та молока, трансгенні види цінних порід риб, зокрема лососевих тощо.

Підвищення ефективності охорони здоров'я за допомогою трансгенних технологій припускає, зокрема, **вирішення проблем контролю над спадковими захворюваннями** (трансгенні віруси для генної терапії, трансгенні мікроби як живі вакцини та ін.)

У лабораторних умовах проведена значна робота з конструювання трансгенних мікробів з найрізноманітнішими властивостями. Разом з тим застосування у відкритому середовищі трансгенних мікробів поки заборонено правовими документами через неясність наслідків, до яких може призвести такий в принципі неконтрольований процес. До того ж сам світ мікроорганізмів вивчений вкрай слабо: наука знає в кращому випадку близько 10 % мікроорганізмів, а про решту практично нічого не відомо; недостатньо досліджені закономірності взаємодії мікробів між собою, а також мікробів та інших біологічних організмів.



Ці та інші обставини обумовлюють критичне ставлення не тільки до трансгенних мікроорганізмів, а й взагалі до трансгенних біоорганізмів, хвилю протестів проти трансгенних біотехнологій – люди не хочуть жити в генетично модифікованому світі.

Триває гостра дискусія: висловлюються побоювання, що, якщо трансгенні мікроби і трансгенні рослини і тварини, що не брали участь в еволюції поряд з «природними» організмами, будуть вільно випущені в біосферу, це призведе до таких негативних наслідків, про які вчені й не підозрюють. Вже зараз можна говорити про неминуче перенесення генів і трансгенних організмів у «звичайні», що може змінити генетичну програму тварин і людини; про активізацію патогенних мікробів і виникнення епідемій раніше невідомих захворювань рослин, тварин і людини; про витіснення природних організмів з їх екологічних ніш і новий виток екологічної катастрофи тощо. На основі цього робиться висновок про необхідність заборони не тільки генних біотехнологій, а й наукових досліджень в даній області.

Прихильники подальшого розвитку генної інженерії висувають свої аргументи. Вони стверджують, що генна інженерія, по суті, займається тим же (тобто створює варіанти генів), чим мільярди років займається сама природа, створюючи і відбираючи в ході еволюції генотипи біологічних організмів; перенесення генів між різними організмами також існує в природі (особливо між мікробами і вірусами), тому поява трансгенних організмів в біосфері нічого нового не додає. У зв'язку з цим вони категорично заперечують і проти заборони досліджень в галузі молекулярної генетики, і проти заборони біотехнологій.

Правда, найбільш обережні з них допускають можливість обмеження або заборони **окремих досліджень і технологічних розробок з морально-етичних міркувань** або в силу непередбачуваності наслідків (дослідження трансгенних мікробів можуть здійснюватися лише в лабораторних умовах, у відкриту природу їх випускати рано) . Проте побоювання результатів трансгенних технологій є невизначеними, а користь, яка вимірюється багатьма мільярдами доларів, конкретна і очевидна, і в ряді країн посилюються настрої, націлені на вирішення (за наявності науково-технічної експертизи) польових досліджень трансгенних мікроорганізмів. Це говорить про необхідність правового регулювання відносин у сфері нових генно-інженерних біотехнологій.



Виробництво, обіг і використання ГМО регламентують такі міжнародні нормативно-правові акти:

- Конвенція про біологічне різноманіття Ріо-де-Жанейро від 5 червня 1992 р.,
- Картахенський протокол про біобезпеку до Конвенції про біологічне різноманіття Монреаль (Канада) від 29 січня 2000 р. (Україна приєдналася Картахенського протоколу у 2002 році (Закон N 152-IV ([152-15](#)) від 12.09.2002)
- Кодекс Аліментаріус (Codex Alimentarius) 1999 р.,
- Конвенція «Про доступ до інформації, участі громадськості в процесі прийняття рішень і доступ до правосуддя з питань, що стосуються навколишнього середовища» (Данія) 1998 року.

Історично існували три типи компаній у сфері біотехнологій: так звані нові **біотехнологічні фірми** (наприклад, Plant Genetic System, яка зараз є частиною Bayer Crop Science), **агрохімічні фірми** (наприклад, Syngenta, Monsanto, Bayer, BASF) та **насінневі компанії** (наприклад, Pioneer Hi-Bred, зараз входить до DuPont).



Виокремлюють **три покоління** ГМ-культур:

Перше покоління – рослини, модифіковані з метою надання їм стійкості до біотичних і абіотичних факторів. Наприклад, стійкість до комах-шкідників (СК – **стійкий до комах**; англ. IR – insect resistance або Bt – Bacillus thuringiensis – бактерії, гени якої використовуються) – модифікації кукурудзи, бавовнику; до використання гербіцидів (ГС – **гербіцидо-стійкий**; англ. – herbicide-tolerance crops), тобто продовження життєдіяльності після загибелі оточуючих бур'янів – модифікації сої, кукурудзи, бавовнику, ріпаку. Проводиться розробка та комерційно вирощуються модифікації, **стійкі до вірусних** (наприклад, папайя), **грибкових і бактеріальних інфекцій**. Також є культури, стійкі до **абіотичних факторів** (морозу, посухи тощо).

Друге покоління – рослини, модифіковані з метою **поліпшення їх властивостей**. Наприклад, насіння олійних культур із зміненим профілем жирних кислот, високоамілазна кукурудза, лінії рослин із підвищеним вмістом незамінних амінокислот, мінералів і вітамінів. Також відомий «золотий» рис, який містить значну кількість провітаміну А.

Третє покоління – організми, які модифіковано з метою використання **при виробництві ферментів, хімічних сполук для фармакологічних препаратів, пластмас, здатних розкладатися, тощо**.

Методи створення генетично модифікованих організмів (ГМО) є різними, але для рослин найчастіше використовують метод **Agrobacterium**-опосередкованої трансформації. Агробактерії (*Agrobacterium tumefaciens* Smith & Townsend) – ґрунтові паличкоподібні бактерії, що уражують більше 1000 видів рослин і спричиняють утворення пухлин на коренях (так звані корончасті галли, хвороба відома під назвою бактеріальний рак коренів). Агробактерія «трансформує» клітину кореня рослини, тобто «вбудовує» свою плазмиду (кільцеподібну молекулу ДНК) у ДНК рослини. Плазміда містить гени, що відповідають за синтез рослинних гормонів, а підвищений їх рівень власне і спричиняє появу пухлин на коренях.

Саме здатність агробактерій вбудовувати плазмиду в ДНК рослини і є ключовим у створенні ГМ-рослин. У плазмиди видаляють гени, що відповідають за синтез фітогормонів, та заміняють послідовностями з бажаною ознакою. Такими модифікованими плазмідами, які більше не спричиняють утворення пухлин і водночас містять нові гени, трансформують рослинні клітини. Потім з клітин відтворюють цілісний організм рослини, який вже є генетично модифікованим.

Послідовності, що вбудовують в плазмиду, можуть бути різними. Наприклад, створено так званий «золотий рис», що містить попередник вітаміну А і може бути дуже цінним для країн, де існує дефіцит цього вітаміну. Деякі культури модифіковані таким чином, що є стійкими до дії гербіцидів (кукурудза, ріпак, цукровий буряк, тощо). В США вирощують картоплю, що не хворіє на фітофтороз. Методами генної інженерії створено петунії з помаранчевим забарвленням квіток.

Посівами та насадженнями ГМ-рослин зайнято 185,1 млн га у 26 країнах світу. Безперечно, лідером світового вирощування ГМ-культур є **США**. Наразі там комерційно вирощують десять культур: кабачок (з 1995 р.), соя (1995), кукурудза (1996), бавовна (1996), папайя (1997), ріпак (1999), люцерна (2006), цукровий буряк (2006), картопля (2016), яблуна (2017).

До п'ятірки країн-лідерів входять також **Бразилія, Аргентина, Канада та Індія**. Іншими ГМ-культурами, які на сьогодні дозволені для комерційного використання в різних країнах, є баклажан, солодкий перець, гвоздика, петунія, троянда, тютюн, томати, пшениця, цукрова тростина, квасоля, цикорій, маш китайський, мітлиця, евкаліпт, льон, диня, слива, ріпа, рис, сафлор, тополя. При цьому, для частини з них зареєстровано 1-3 генетичні модифікації (наприклад, петунії, троянди), а для деяких – десятки і навіть сотні (наприклад, соя – 42, бавовна – 63, кукурудза – 231).

За об'ємами найбільше в світі вирощують ГМ-сою, на другому місці знаходиться кукурудза, на третьому – бавовна.



Недоліки: запилення рослин з ГМО поширюється в радіусі до 4 км на всі культури, які знаходяться поряд. А усі ГМ-культури є безплідними (у першому або другому поколінні) і не дають життєздатного насіння.

Тому фермери і цілі країни потрапляють у залежність від корпорацій, і кожен рік змушені закуповувати в них трансгенне насіння, а ген безпліддя, переданий плазмідами іншим рослинам, комахам, потаємних бактерій і тварин веде до їх вимирання і перетворює родючу землю в мертву пустелю, де крім ГМО нічого більше не росте, а отрутохімікати, якими обприскують ці поля, отруюють ґрунт і роблять її непридатною для традиційного землеробства на багато десятиліть. Також потрібно враховувати, що поля, засіяні ГМ культурами, через пилок рознесений вітром на великі території, переопилюють посіви натуральних сільськогосподарських культур і роблять їх теж генномодифікованими.

Крім того проблемою є порушення сівозмін на полях. Корпорації щорічно можуть засаджувати поле одним і тим самим видом технічної рослини, яка в наслідку просто «з'їдає» родючий шар ґрунту. На даний час, за достовірними даними, недотримання сівозмін призвело до суттєвого зниження якісних показників земель, які знаходяться в оренді. Для прикладу, для відновлення 1% гумусу необхідно 100 років, а сьогодні в деяких регіонах за період 5-ти років наявність гумусу вже зменшилась на 0,2 %.



Альтернатива:

Як альтернатива генно-модифікованим культурам наразі розглядається технологія редагування геному – CRISPR (короткі паліндромні повтори, регулярно розташовані групами). Ця технологія, на відміну від генної модифікації організмів сторонніми генами, корегує ті гени, які вже є в об'єкті.

У живу клітину система потрапляє завдяки «упаковці» з нешкідливих вірусів, що дозволяють проходити крізь мембрани. ДНК людини – дволанцюгова спіраль, що складається нуклеотидів. РНК, що є в CRISPR–Cas9, називають «гідом» – місце, де має відбутися розрив (усього 20-30 нуклеотидів) вона впізнає завдяки комплементарності. Комплементарність – це здатність одних нуклеотидів (А, G) «впізнавати» інші (Т, С) й утворювати з ними специфічні стійкі пари, що не дають «розплутатися» спіралі з двох ланцюгів ДНК.

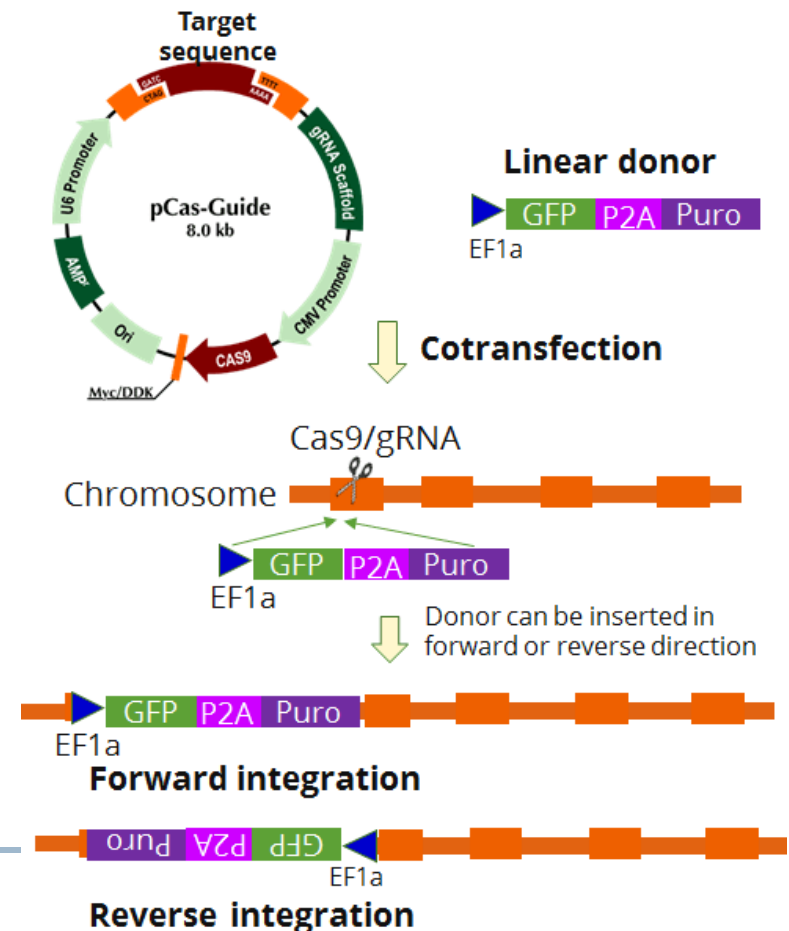
За допомогою ферменту Cas9 (Cas – CRISPR associated protein, або CRISPR-асоційований білок) зв'язки «розрізаються» і непотрібний фрагмент вилучається. Розрив відновлюється за рахунок природних процесів репарації ДНК під час поділу клітини (при диплоїдному наборі хромосом, коли в кожній є пара, яка підставить дружнє хромосомне плече допомоги) або ж правильний фрагмент ДНК вносять разом з системою CRISPR–Cas9 (при гаплоїдному наборі, коли кожна хромосома є тільки в одному екземплярі). Зокрема, дослідники рослин змогли створити культури, стійкі до цвілі, шкідників та посухи. У медицині тривають клінічні випробування нових методів лікування раку, а мрія про те, щоб вилікувати спадкові захворювання, ось-ось стане реальністю.



Альтернатива:

Завдяки цій технології можна вилікувати спадкові захворювання, виправити гени, через які рослини легше уражуються хворобами, підвищити потенціал врожайності чи стійкість до стресових умов. Саме через те, що технологія CRISPR не використовує генів інших організмів, а корегує гени, які вже закладені у генетичному коді організму. Це може стати гарною заміною ГМ-культурам і дозволить сільгоспвиробникам збільшити врожай.

Нобелівську премію з хімії у 2020 р. присуджено двом дослідницям у галузі молекулярної біології – французенці Еммануель Шарпантьє, яка нині очолює Відділення наук про патогени при Товаристві Макса Планка в Берліні, та американці Дженніфер Дудні з Каліфорнійського університету в Берклі – за «розвиток методу редагування геному». У пресрелізі Нобелівського комітету зазначено, що лауреатки відкрили один з найпотужніших інструментів генної технології – CRISPR/Cas9 – або так звані «генетичні ножиці». Цей метод сприяв отриманню у фундаментальних дослідженнях багатьох важливих результатів. «Генетичні ножиці» вивели науки про життя на новий етап розвитку і дають людству величезну користь.



Клонування — це метод розмноження статевороздільних істот (тварин та людей), за допомогою якого у безстатевий спосіб можна отримати новий організм, що буде генетично ідентичним до організму, який мається на меті клонувати. Слово “клонування” походить від грецького слова κλον, що означає “галузка”, “брунька” і спочатку вживалося для окреслення вегетативної репродукції рослин. Клонування є відомим явищем у рослинному світі. Перші спроби клонування тварин з’явилися у 30х роках ХХ століття. Велику роль у цьому зіграв технічний прогрес у сфері молекулярної біології, генетики і штучного запліднення. Новий етап у клонуванні визначили експерименти шотландських учених, які завершилися народженням вівці Доллі (27 лютого 1997).

Клонування людини у більшості країн заборонено!

Резолюція Європейського парламенту від 1989 року визнає клонування серйозним порушенням фундаментальних прав людини, що суперечить принципіві рівності людських істот, оскільки допускає расову та еugenічну селекцію людського роду, принижує гідність людини й веде до експериментування на людських ембріонах. Отже, клонування є забороненим на міжнародноправовому рівні.

Проте варто навести аргументи що засвідчують необхідність заборонити клонування з моральної точки:

- 1) клонування порушує людську гідність, зводить людське життя до рівня “біологічного матеріалу”;
 - 2) воно відділяє сферу дітородження від правдивого людського контексту по дружнього акту;
-

3) засвідчує брак поваги для людських ембріонів, які будуть знищені, щоб успішно могла відбутися репродукція цього типу (так, при клонуванні вівці Доллі було здійснено 277 спроб, 8 з них доведено до ембріональної стадії, в результаті чого народилася тільки одна вівця);

4) клонування — це радикальна маніпуляція розмноженням людини, при якій порушуються особові відносини між батьками та дітьми, що може призвести до зникнення поняття сім'ї та сімейних стосунків;

5) клонування є недопустимим з огляду на гідність клонованої особи. Кожна людина має право на свою унікальність та неповторність. Її тіло та генотип також є інтегральним елементом гідності й унікальності, тоді як клонована істота — це завжди “копія” когось іншого, що може призвести до втрати власної ідентичності, до відчуття меншовартості;

6) клонування породжує небезпеку суспільної маніпуляції в евгенічному напрямку, вибору “генетично кращих” людей;

7) створення “клонів” живих осіб виключно як джерела для трансплантації органів є зведенням людини до рівня предмету вжитку, що цілковито недопустимо з точки зору християнського персоналізму.



У деяких країнах дозволено так зване терапевтичне клонування людини – з метою вирощування тканин і органів для трансплантації.

Перший клонований ссавець – овечка Доллі – прожила 6,5 років. Це менше, ніж зазвичай живуть вівці, народжені природним шляхом, – вони зазвичай доживають до 10-12 років. Одні вчені припускають, що причина ранньої смерті Доллі в теломерах (в хромосомах з кожним циклом реплікації відбувається поступове вкорочення кінцевих ділянок (теломерів), з яким пов'язують старіння клітин. Отже, якщо для клонування брати клітини дорослих організмів, то в них будуть вже вкорочені теломери (порівняно з такими в звичайній зиготі). Це загрожує клонам зменшенням тривалості життя), адже вони бралися у вже дорослої тварини і були коротшими, ніж належить. Однак творці Доллі стверджують, що тварину просто довелося приспати через розвиток у неї захворювань – ураження легень та сильного артриту. Від тих же хвороб часто помирають інші вівці, народжені звичайним способом, без застосування клонування.

Японські вчені, які отримали кілька поколінь клонів мишей, довели, що за тривалістю життя вони не відрізняються від мишей, народжених природним шляхом. І взагалі, ніякі аналізи поки не виявили їх відмінності. Однак техніка клонування мишей і овець трохи різниться. Японські вчені при клонуванні соматичних клітин мишей кожного разу «обнуляли» їх вік, змушуючи «повірити», що вони ембріональні.

Клонований організм не є точною копією організму-господаря генетичного матеріалу. Як і однайцеві близнюки (**природні клони**) не є точними копіями один одного при стовідсотковому збігу генетичного матеріалу. Успішність клонування на сьогоднішній день досить низька. У разі клонування домашніх тварин вона становить 5%. При клонуванні диких тварин і зовсім 1%. Перші експерименти з клонування людини почалися в 1998 році, в 2001-му вченим вдалося впровадити генетичний матеріал клітини шкіри в яйцеклітину і стимулювати поділ, внаслідок чого утворилося 6 клітин, потім поділ припинився. Американцям вдалося довести число клітин, на які розділилася яйцеклітина з підсадженим генетичним матеріалом, до 150. Це стадія бластоцисти зародкового розвитку. **Саме на цій стадії ембріон здатний імплантуватися в стінку матки, і на цій стадії відбувається підсадка ембріонів** (достатньо навіть меншої кількості клітин). Однак, за словами американських вчених, вони не ставили своєю метою народження клонованої людини, а лише хотіли домогтися культури стовбурових клітин, тому про підсаджування ембріона сурогатній матері навіть не думали.

Південно-корейські вчені вивчають цуценят-клонів кращого корейського розшукового пса. Вважається, що відбір пройдуть 90% з них, в той час як зазвичай тести на профпридатність проходять тільки 30% цуценят. Так клонування стає методом селекції. Що стосується репродуктивного клонування людини, то теоретично воно б дало можливість бездітним парам мати дітей, генетично споріднених хоча б з одним з батьків. **Виходить народження такого «відстроченого» близнюка.** Кілька разів уже повідомлялося про народження таких дітей, але ці дані ніколи не підтверджувалися – в силу їх помилковості, законодавчої заборони або етичної спірності.

Генетики сходяться на думці, що репродуктивне клонування людини, швидше за все, поки неможливе, але буде здійснено протягом найближчих 5-10 років. Клонування людини, принаймні, в даний час практично не може створити повністю ідентичну копію клонованої особистості. Теоретично скопіювати можна людську фізіологію, але не людський розум. До того ж, подібні роботи зупиняє довгострокова непередбачуваність генетичних змін при клонуванні, що рівносильно прямій загрозі біологічній безпеці людини. Вчені наполягають, що за допомогою клонування уцілих ДНК можна повернути на Землю багато вимерлих або безповоротно винищених людиною видів тварин і рослин. У їх числі називаються тасманський тигр, мандрівний голуб, морська корова, нелітаючий птах дронг, вимерлий в 2012 році підвид галапагоської черепахи. Вчені впевнені, що клонуванням можна відродити навіть мамонтів.

Так, у 2001 р. було клоновано азійського бика гаура, але, на жаль, дитинча померло через кілька днів після народження. В 2004 р. в США успішно клонували іншого бика, що перебуває на межі зникнення, — бантенга. Два бантенги були клоновані з використанням клітин тварин, які померли 20 років тому і були заморожені. Генетичний матеріал бантенгів перенесли в «порожні» яйцеклітини домашніх корів; із 16 зародків до народження дожили лише два. В Іспанії в 2009 р. народилося клоноване дитинча вимерлого підвиду піренейського гірського козла букарко. Це був єдиний з 439 ембріонів, який дожив до народження, але, на жаль, тварина через 7 міс померла. Незважаючи на проблеми та невдачі, вчені не полишають спроб повернути зниклих представників світової фауни.

Значно оптимістичнішу ситуацію маємо з домашніми улюбленцями. В 2004 р. вдало пройшло перше комерційне клонування — американка з Техасу замовила біотехнологічній компанії в Каліфорнії зробити клон її померлої кішки; тоді це коштувало жінці 50 тис. доларів. Наразі котів та собак клонують на замовлення в США та Південній Кореї. В останній ця послуга вельми популярна — компанія Sooam Biotech Research Foundation загалом клонувала вже понад 1000 собак. Ціна процедури становить в середньому 100 тис. доларів, у США — дешевше: компанія ViagenPets за клонування котика бере 25, собаки — 50 тис. доларів.



У січні 2019 року підприємець Хуанг Ю втратив британського кота на ім'я «Часник». Кіт помер від проблем з нирками. Хуанг спочатку поховав кота, але не зміг змиритися з втратою. Через деякий час він відкопав свого улюбленця та поклав в холодильник для збереження ДНК. За його словами, Часник був особливим котом, якого неможливо замінити іншим. Але кіт не залишив потомства, клонування було єдиним виходом, щоб повернути його до життя. Так Хуанг відкрив для себе [Sinogene](#) — комерційну китайську компанію по клонуванню тварин. Через сім місяців роботи та за 250 тис. юанів (\$35,4 тис.) в Sinogene офіційно заявили, що компанії вдалося створити першого в країні клонованого кота.



- Джерело: <https://znai.com.ua/viniknennya-zhittya-na-zeml-gpoteza-staconarnogo-stanu>