

Концепції еволюції реальних систем

Матерія здатна виконувати роботу і проти термодинамічної рівноваги, **самоорганізовуватись і самоускладнюватись**. Новий порядок пов'язаний з появою і накопиченням флуктуацій в системі.

Флуктуації – випадкові відхилення фізичних величин від середніх значень.

В подальшому вони нарастають і сприяють появі хаосу в системі. Флуктуації ведуть до зростання ентропії. Новий порядок завжди відновлюється через хаос. Флуктуації розгойдують систему, вона стає нестійкою, і будь-який незначний вплив штовхає її до саморуйнування, **а далі – до вибору шляху**.

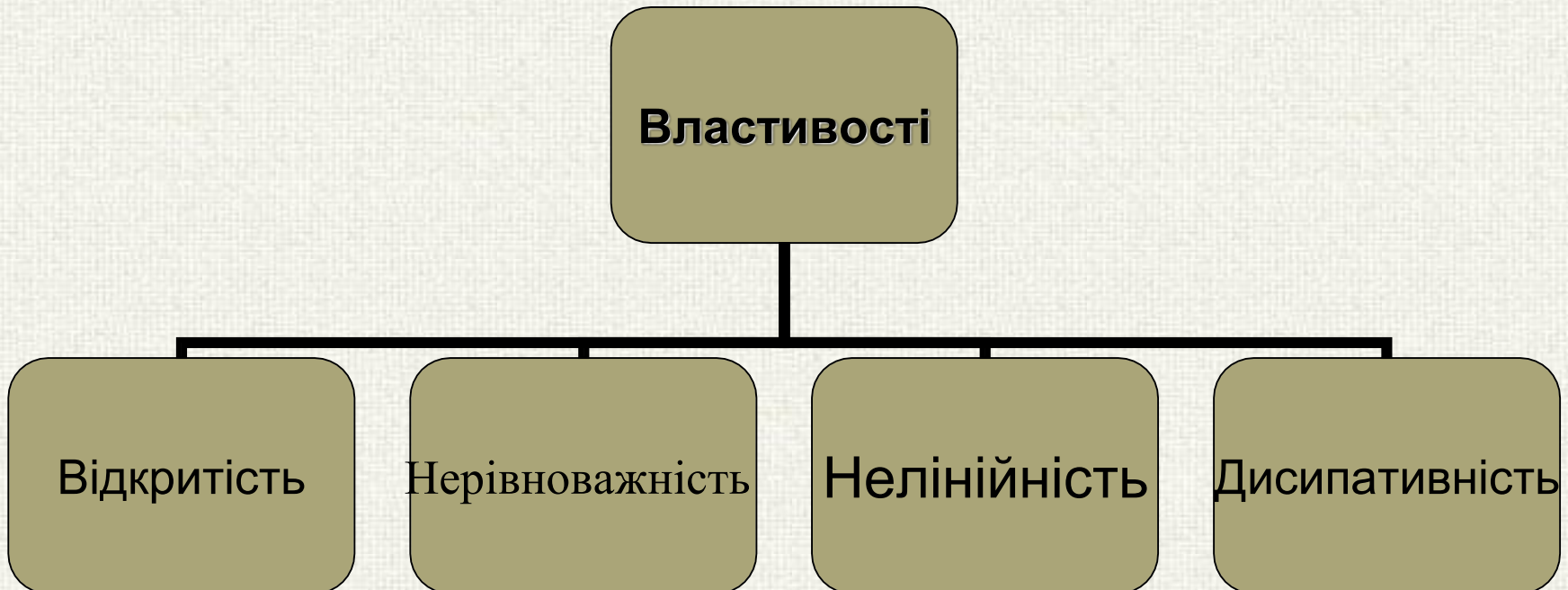
Система підходить до **точки біфуркації** (вибору), де існує декілька альтернатив подальшого розвитку.

Дисипативні структури

- Відкриті нерівноважні системи, що взаємодіють із зовнішнім середовищем, можуть набувати особливого динамічного стану – **дисипативність. Дисипативна система** (або **дисипативна структура**, від лат. *dissipatio* — «розсіюю, руйную») - це відкрита система далека від термодинамічної рівноваги, для якої стійкий стан виникає за умови дисипації (розсіювання) енергії, що надходить іззовні. В таких системах енергія впорядкованого руху переходить в енергію невпорядкованого хаотичного руху, в теплоту. Якщо **замкнена система**, що виведена із стану рівноваги, завжди прагне до максимуму ентропії, то у **відкритій системі** відтік ентропії може урівноважити її зростання в самій системі і імовірним стає виникнення стаціонарного стану. Якщо відтік ентропії перевищить її внутрішнє зростання, то виникають і розростаються до макрорівня великомасштабні флуктуації, а за певних умов в системі можуть спонтанно виникати нові типи структур, відбуваються процеси самоорганізації, утворення впорядкованих структур. Таким чином, **дисипативні структури** - просторово-часові структури, які можуть виникати далеко від рівноваги в нелінійній області при критичних значеннях параметрів системи і є своєрідним макроскопічним проявом процесів, що перебігають на мікрорівні.

Синергетика:

- Фокусує свою увагу на **нерівноважності, нестабільності як природному стані відкритих нелінійних систем**, на множинності і неоднозначності шляхів їх еволюції.
- У відкритих системах ключову роль – поряд із закономірним і необхідним – можуть відігравати випадкові чинники, **флуктуаційні процеси**.
- Нерівноважність породжує вибірковість системи, її незвичні реакції на зовнішні впливи довкілля. Нерівноважні системи мають здатність сприймати відмінності у зовнішньому середовищі «враховувати» їх у своєму функціонуванні.



Еволюція відкритих систем

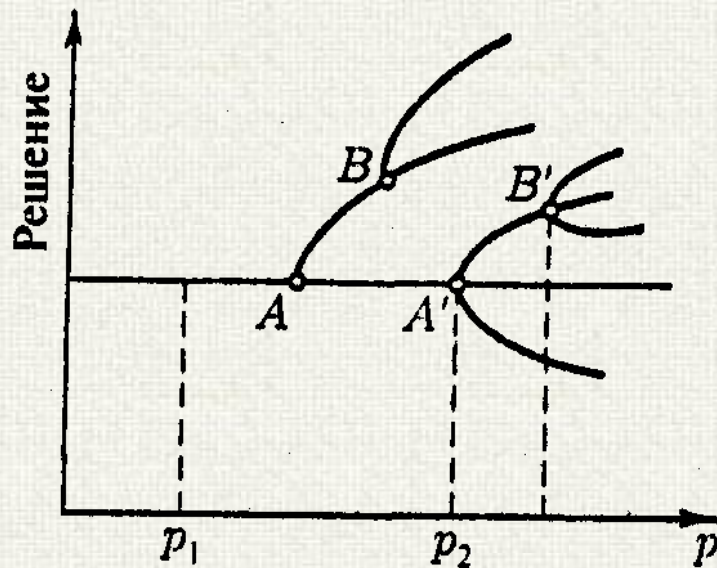
- Існує 2 фази розвитку відкритих і нерівноважних систем :
- **1 фаза - період** плавного еволюційного розвитку, який завершається нестійким критичним станом. Під **точкою біфуркації** розуміють стан системи, після якого імовірно деяка множина варіантів її подальшого розвитку



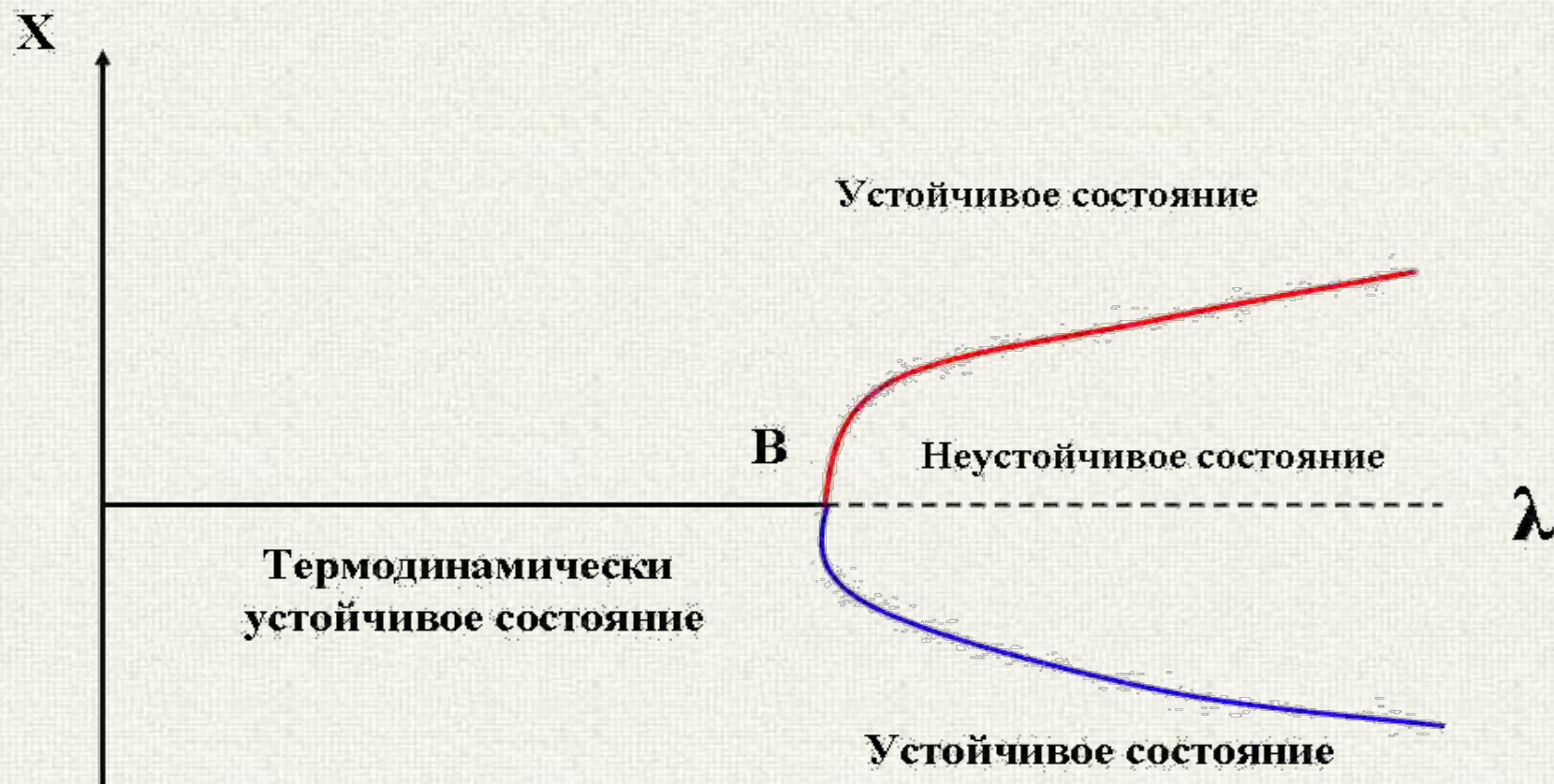
2 фаза: вихід з критичного стану одномоментно, стрибком і перехід в новий стійкий стан з вищим ступенем складності і впорядкованості.

Явище біфуркації

Біфуркація – надбання нової якості руху динамічної системи при незначному зміні її параметрів (виникає при деякому критичному значенні параметра нового розв'язку рівнянь)



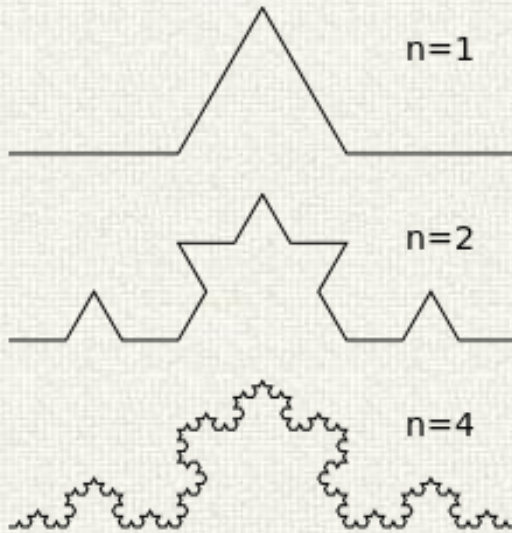
Явище біфуркації



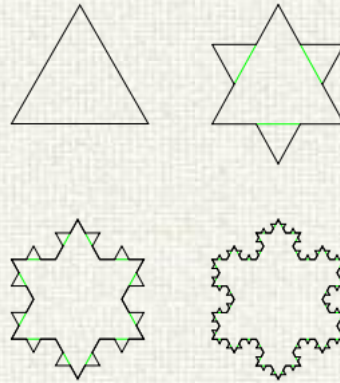
Фрактали

- Застосування принципів синергетики і теорії фрактальних структур дає можливість ввести в цей аналіз ступінь нерівноважності систем і описати еволюцію процесів самоорганізації структур.
- Методологічною основою одержання матеріалів з напередзаданими властивостями є принципи синергетики, у відповідності до яких ефективно керування властивостями матеріалів і їх оптимізація можливі тільки за умов самоорганізації структур. Дослідження останніх років довели, що структури, які самоорганізуються, мають властивості фрактальності, тобто вони можуть бути кількісно описані за допомогою фрактальної розмірності.

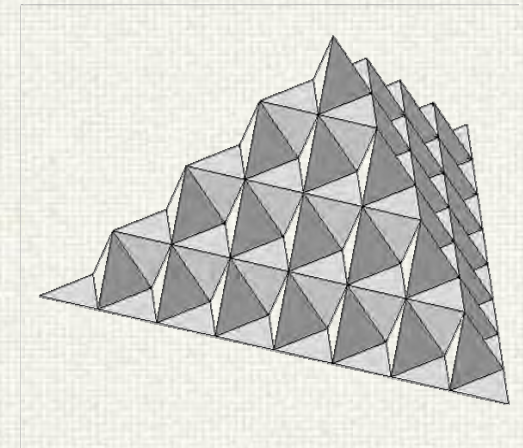
Фрактали



Крива Коха



Сніжинки Коха

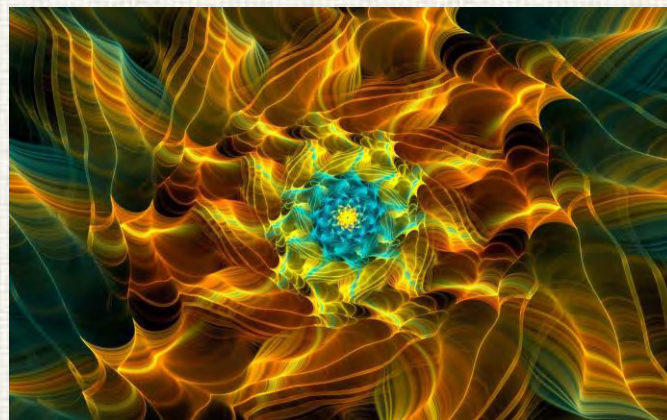
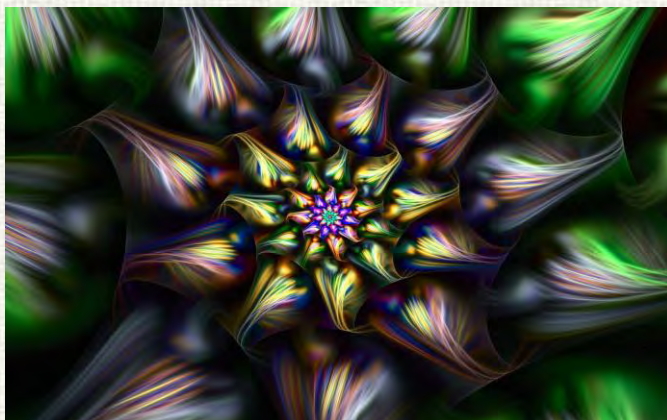


Поверхня Коха

Крива Коха є типовим **геометричним фракталом**. Процес її побудови виглядає наступним чином : беремо одиничний відрізок, поділяємо його на три рівні частини і заміняємо середній інтервал рівнобічним трикутником без цього сегмента. В результаті утворюється ломана, яка складається з чотирьох ланок довжиною $1/3$.

На наступному кроці повторюємо операцію для кожної з чотирьох одержаних ланок і т.п. Гранична крива і є крива Коха.

Фрактали в природі

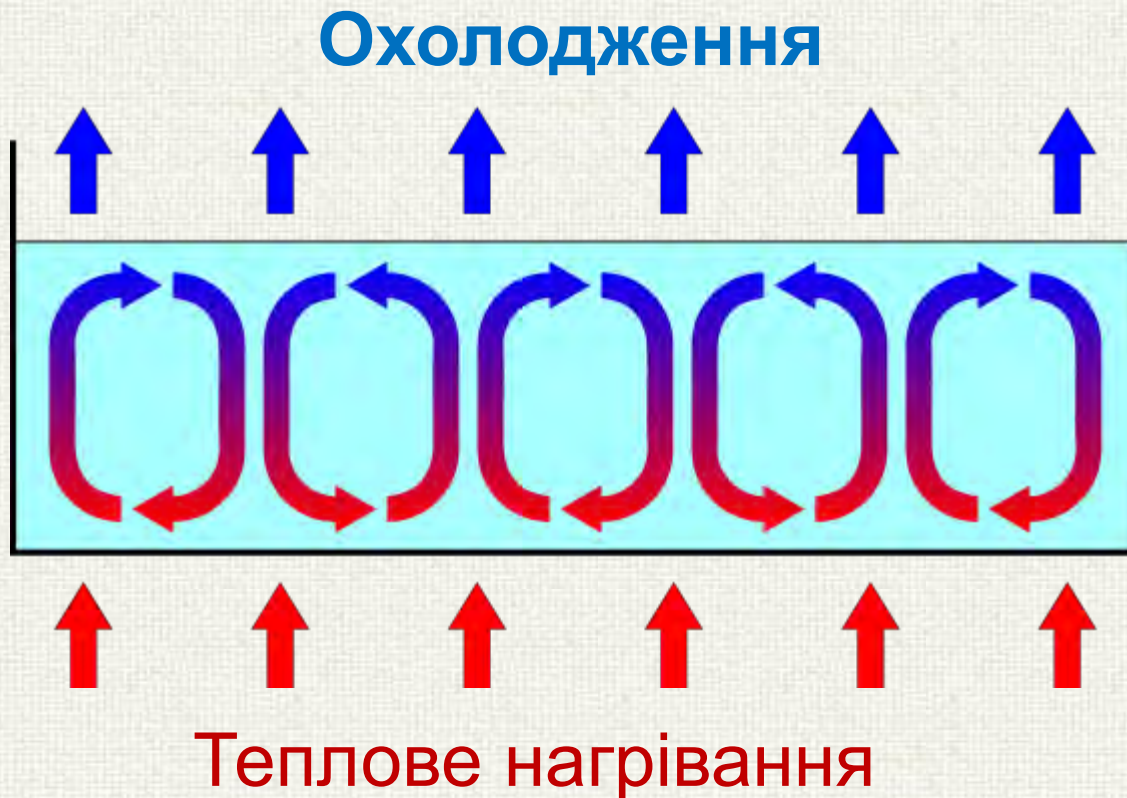


Приклади самоорганізації різних систем:

Ячейки Бенара

- **Ячейки Бенара** — утворення впорядкованості у вигляді конвективних ячеек у формі циліндричних валів або правильних шестиграних структур в шарі в'язкої рідини з вертикальним градієнтом температури, тобто рівномірно підігрітим знизу.
- Ячейки Релея — Бенара є одним із стандартних прикладів самоорганізації поряд з лазером і реакцією Білоусова – Жаботинського.
- Параметром, який керує самоорганізацією, є градієнт температури. Внаслідок підігріву в початково однорідному шарі рідини починається дифузія через неоднорідність густини. При деякому значенні градієнта дифузія не встигає привести до однорідного розподілу температури в об'ємі і виникають циліндричні вали, що обертаються назустріч один одному.

Приклади самоорганізації систем: Ячейки Бенара

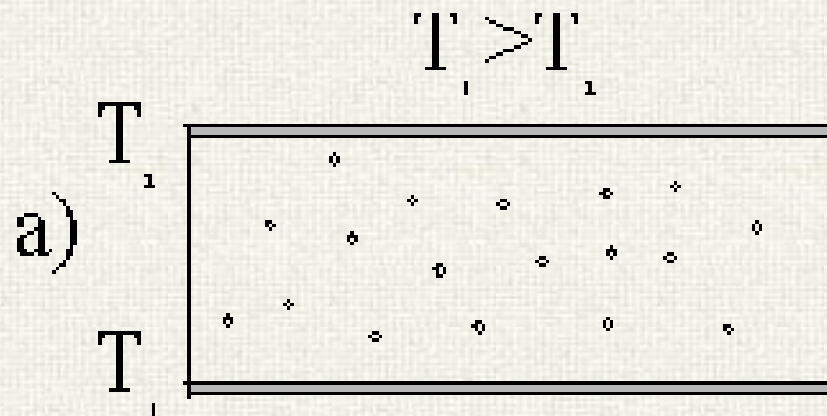


Ячейки Бенара

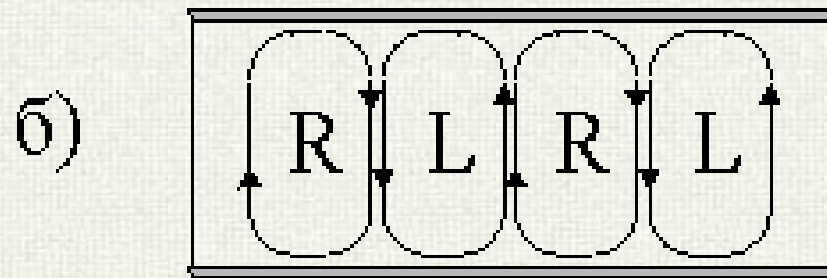


- На металеву пательню наливають мінеральну олію з товщиною шару 1,5 – 2 мм та нагрівають на електричній плиті, а для більшої наочності до олії додають алюмінієву пудру.
- Після нагрівання при різниці температур між верхнім і нижнім шарами 20 – 30 °C в шарі олії утворюються шестигранні впорядковані структури.

Опис ефекту Бенара

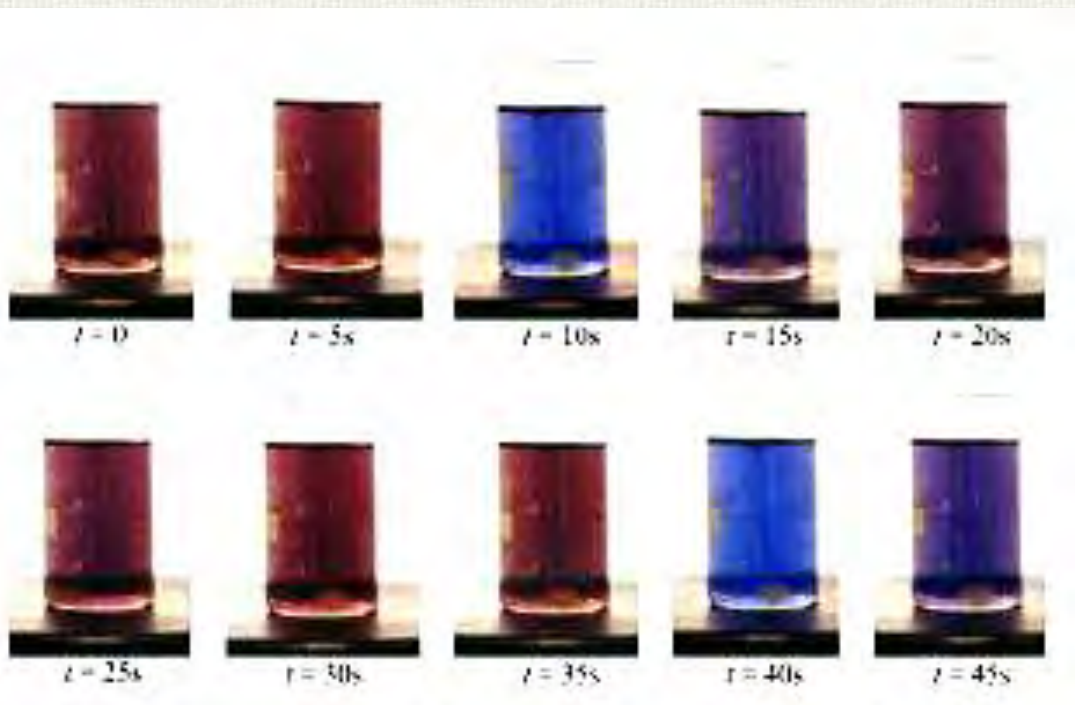


а) молекулярне перенесення;



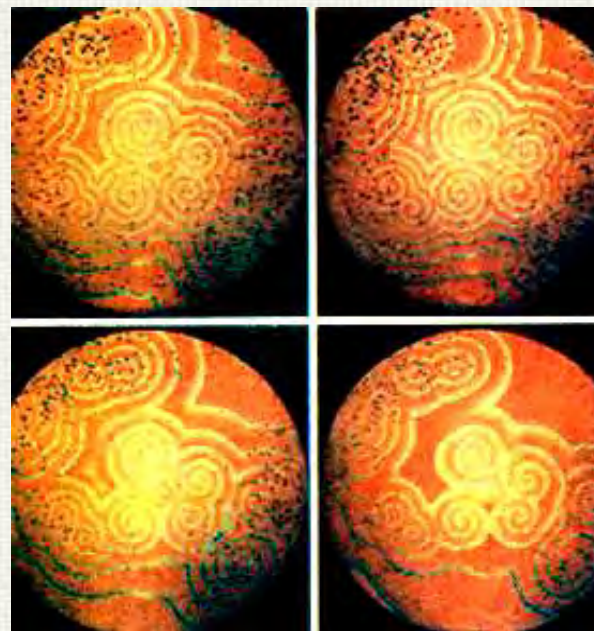
б) конвективні струмені, що обертаються за часовою (R) і проти часової (L) стрілок;

Реакція Білоусова-Жаботинського



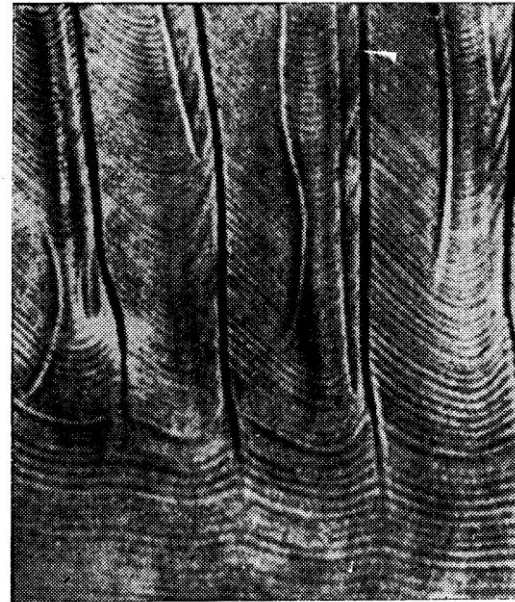
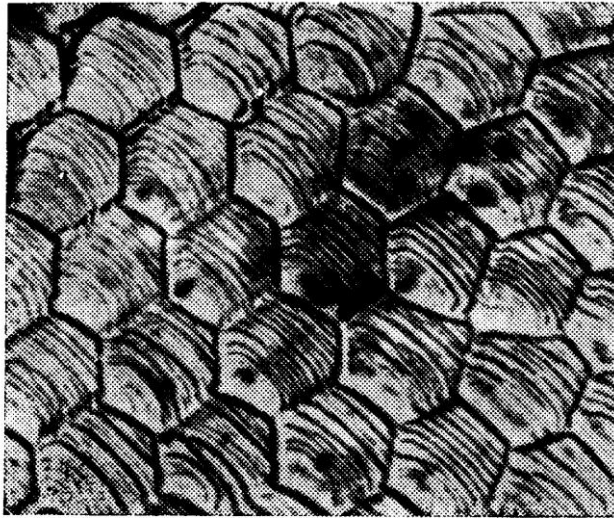
«Хімічний годинник».

Реакційна суміш з великою точністю періодично змінює забарвлення



Якщо реакцію Б–Ж вести в тонкому шарі (в чашці Петрі), можна побачити динамічні колові структури

Ячейкова структура, що утворюється при кристалізації металу з розплаву



Приклади самоорганізації систем різної природи

- **рост кристалів;**
- **формування живого організму;**
- **утворення форм рослин і тварин;**
- **динаміка популяцій;**
- **просторово-часові структури в електричній активності серця і мозку;**
- **утворення вуличних заторів;**
- **розвиток ринкової економіки;**
- **формування культурних традицій і суспільної думки;**
- **демографічні процеси...**



Заслуги синергетики

- Виникнення синергетики означає початок нової наукової революції, оскільки вона змінює стратегію наукового світогляду і веде до створення принципово нової картини світу і нової інтерпретації фундаментальних принципів природознавства. Синергетика звертається до процесів невідповідності у відкритих системах, нестійкості, нерівноважності.

Заслуга синергетики:

- Відкрила і дослідила процеси самоорганізації в найпростішій елементарній формі і, тим самим, сприяла розкриттю єдності і взаємозв'язку між неживою і живою природою.
- Надала можливість досліджувати процеси ускладнення і еволюції матерії з точки зору її самоорганізації на різних рівнях розвитку.
- Філософсько-світоглядне значення : її висновки і результати є природничим підтвердженням внутрішньої активності матерії.