План

Вступ…………………………………………………………………3

Фізика відкритих систем. Диссипативні структури. Синергетика……………4

Деградація і самоорганізація в процесах еволюції…………………………….6

### Фізичний і динамічний хаос. Нерівноважні фазові переходи…………………9

Другий початок термодинаміки………………………………………………...13

Другий закон т/д для відкритих систем………………………………………..14

Стаціонарний стан……………………………………………………………….15

Стаціона́рний стан дисипати́вної систе́мі ……………………………………..16

Висновок……………………………………………………………18

Література…………………………………………………………..19

Вступ

Відкрита система у фізиці - фізична система, яку не можна рахувати закритому по відношенню довкіллю в якому-небудь аспекті, - інформаційному, речовому, енергетичному і т. д. Відкриті системи можуть обмінюватися речовиною, енергією, інформацією з довкіллям. Відкриті системи активно взаємодіють із зовнішнім середовищем, причому спостерігач простежує цю взаємодію не повністю. Взаємодія з довкіллям, характеризується високою невизначеністю.

За певних умов відкрита система може досягати стаціонарного стану, в якому її структура або найважливіші структурні характеристики залишаються постійними, тоді як система здійснює з середовищем обмін речовиною, інформацією або енергією. Відкриті системи в процесі взаємодії з середовищем можуть досягати так званого эквифинального стану, тобто стану, що визначається лише власною структурою системи і не залежного від початкового стану середовища.

Відкриті системи можуть зберігати високий рівень організованості і розвиватися у бік збільшення порядку і складності, що є однією з найбільш важливих особливостей процесів самоорганізації.

Поняття відкритої системи є одним з основних в синергетиці, нерівноважній термодинаміці, в статистичній фізиці і в квантовій механіці.

Відкриті системи мають важливе значення не лише у фізиці, але і в загальній теорії систем, біології, кібернетиці, інформатиці, економіці. Біологічні, соціальні і економічні системи необхідно розглядати як відкриті, оскільки їх зв'язки з середовищем мають первинне значення при їх моделюванні і описі.

Фізика відкритих систем. Диссипативні структури. Синергетика

З назви виходить, що мова піде про відкриті системи, які можуть обмінюватися з навколишніми тілами енергією, речовиною і, що не менш важливо, інформацією.Тут розглядатимуться макроскопічні відкриті системи. Вони складаються з багатьох об'єктів, що приймаються за елементи структури. Ці елементи можуть бути мікроскопічними, наприклад, атоми або молекули у фізичних і хімічних системах. Вони, проте, можуть бути малими, але все таки макроскопічними. Це, наприклад, макромолекули в полімерах, клітини в біологічних структурах. Вони можуть бути і не малими тілами, наприклад "елементарні" об'єкти в соціології.

Саме завдяки складності відкритих систем в них можливе утворення різного роду структур. При цьому уся дисипація грає при утворенні структур конструктивну роль. Це здається, на перший погляд, дивним, оскільки поняття дисипації асоціюється із загасанням різного роду рухів, з розсіянням енергії, з втратою інформації. Проте, і це надзвичайно істотно, дисипація потрібна для утворення структур у відкритих системах.

Щоб підкреслити цю обставину, Ілля Пригожин ввів термін "диссипативні структури". Це надзвичайно містка і точна назва об'єднує усі види структур : тимчасові, наприклад автоколивання в генераторі, просторові, наприклад осередки Бенара на поверхні рідини, і, нарешті, найбільш загальні просторово-часові структури. Прикладом останніх можуть служити автохвилі на поверхні рідини.Складність відкритих систем надає широкі можливості для існування в них колективних явищ. Щоб підкреслити роль колективу, роль кооперації при утворенні диссипативних структур, Герман Хакен ввів термін синергетика, що означає спільну дію. Синергетика - не самостійна наукова дисципліна, але новий міждисциплінарний науковий напрям; мета синергетики - виявлення загальних ідей, загальних методів і загальних закономірностей в самих різних областях природознавства, а також соціології і навіть лінгвістики; більше того, у рамках синергетики відбувається кооперація різних спеціальних дисциплін.Синергетика народилася на базі термодинаміки і статистичної фізики. Слово "фізика" в назві цієї статті підкреслює, що в основі теорії відкритих систем лежать фундаментальні фізичні закони.

Деградація і самоорганізація в процесах еволюції

Еволюція - це процес зміни, розвитку в природі і суспільстві. Таке поняття є дуже загальним. У фізичних замкнутих системах еволюція в часі призводить до рівноважного стану. Йому відповідає, як показав уперше Больцман на прикладі розрідженого газу, максимальна міра хаотичності. У відкритих же системах можна виділити два класи еволюційних процесів.

* Тимчасова еволюція до рівноважного (нерівноважному, але стаціонарному) стану.
* Процес еволюції йде через послідовність нерівноважних стаціонарних станів відкритої системи. Зміна стаціонарних станів відбувається завдяки повільній зміні так званих параметрів, що управляють.

Теорія еволюції Дарвіна заснована на принципі природного відбору. При цьому еволюція може вести або до деградації, або бути процесом самоорганізації, в ході якого виникають складніші і досконаліші структури. Самоорганізація являється, таким чином, не єдиним результатом еволюції. Ні у фізичних, ні навіть в біологічних системах не закладено "внутрішнє прагнення" до самоорганізації. Фізичним прикладом деградації може служити тимчасова еволюція до рівноважного стану замкнутої системи. Таким чином, самоорганізація - лише один з можливих шляхів еволюції. Для відповіді на питання, по якому шляху розвиватиметься процес, потрібно мати критерії самоорганізації. При цьому немає необхідності давати визначення таких фундаментальних понять, як деградація і самоорганізація. Такі визначення дуже важкі і, що істотно, не однозначні. Важливішим є порівняльний аналіз відносної міри впорядкованості (чи хаотичності) різних станів даної відкритої системи. Тільки такий аналіз може дати відповідь на питання: чи являється процес еволюції, що розглядається у відкритій системі, самоорганізацією або деградацією?Ми вже використали поняття хаос і порядок. Як же відрізнити порядок від хаосу? У ряді випадків така відмінність представляється очевидною. Проте порівняння, наприклад, ламинарних і турбулентних теченийпоказивает, що вивід, що здається очевидним, може виявитися все ж неправильним. Для отримання більше обгрунтованих відповідей і потрібні, як вже говорилося, кількісні критерії відносної міри упорядочности (чи хаотичності) різних станів відкритих систем.Результати такого аналізу об'єктивні і дають додаткову інформацію. Основна інформація полягає у встановленні деякої "норми хаотичності", а також у встановленні відхилень від норми (у ту або іншу сторону) під впливом тих або інших дій. У біології це можуть бути різні стреси, які і викликають відхилення міри хаотичності від норми. При цьому відхилення в ту і іншу сторони можуть означати "хворобу" і, отже, бути процесом деградації.Таким чином, далеко не завжди констатація (за вибраним критерієм) зменшення міри хаотичності означає наявність самоорганізації і, навпаки, констатація збільшення міри хаотичності означає наявність деградації. Такі висновки правомірні тільки в тих відкритих фізичних системах, коли за початок відліку міри хаотичності можна прийняти стан теплової рівноваги. У такій відкритій системі, як, наприклад, генератор електричних коливань, рівноважному стану, тобто стану при нульовому зворотному зв'язку, відповідають теплові коливання в електричному контурі.Оскільки нормальне функціонування організму можливе лише при деякій нормі хаотичності, яка відповідає істотно нерівноважному стану, то вказаної вище точки відліку тут не існує. З цієї причини в біології, а також, звичайно, в економіці і соціології об'єктивна інформація про зміну міри хаотичності ще недостатня, щоб робити висновок про наявність процесу самоорганізації або деградації.Тут доцільна інша класифікація. Якщо вдається встановити для цієї системи норму хаотичності, то відхилення в обидві сторони можна розглядати як "хвороба" і, отже, як деградацію. Далі можна контролювати вибір методики "лікування". Тут знову вступає в гру критерій відносної міри впорядкованості. Якщо за цим критерієм "лікування" наближає стан відкритої системи до норми, то має місце процес самоорганізації. Інакше "лікування" викликає подальшу деградацію.Але які ж критерії відносної міри впорядкованості? Що є відносною мірою порядку або безладу? Це дуже складні питання, і відповіді на них були отримані зовсім нещодавно.Труднощі введення відносної міри впорядкованості (чи, навпаки, хаотичності) відкритих систем пов'язані в першу чергу з відсутністю чітких визначень самих початкових понять : хаос, порядок, деградація, самоорганізація. Визначення цих понять, як вже відзначалося, є великою мірою умовними. Ми тільки що відмітили, що далеко не завжди, особливо в біології, а також соціології і економіці, перехід до більше хаотичного стану слід розглядати як деградацію. Істотним є розгляд відхилень від норми хаотичності. У зв'язку з викладеним корисно розглянути основні поняття детальніше. Це і відкриє нам шлях для формулювання критерію відносної міри впорядкованості, без якого самі поняття деградації і самоорганізації залишаються фактично беззмістовними.

### Фізичний і динамічний хаос. Нерівноважні фазові переходи

Хаос і порядок - поняття, які грали істотну роль вже у світогляді філософів старовини. Не вдаючись до деталей, відмітимо лише сформульовані ними положення, які зберігають своє значення і до цього дня.За уявленнями Платона і його учнів, хаос - стан матерії, який залишається у міру усунення можливостей прояву її властивостей. З іншого боку, з хаосу виникає усе, що складає зміст всесвіту, тобто з хаосу може народжуватися порядок.

У фізиці поняття "хаос" і "хаотичний рух" є фундаментальними, але все таки недостатньо чітко визначеними. Дійсно, згідно з Больцману, найбільш хаотичним є рух в стані рівноваги. Хаотичними, проте, називають і рухи, далекі від рівноважного. Це, наприклад, "руху" вгенераторах шуму, призначених для пригнічення сигналів.

Хаотичними називають, як правило, і різного роду турбулентні рухи в газах і рідинах. Прикладом служить турбулентний рух в трубах. Воно виникає изламинарного рухи при досить великому перепаді тиску на кінцях труби. При цьому уявлення про турбулентний рух як більше хаотичному, ніж ламинарное, здається само собою зрозумілим. Такий висновок заснований, проте, на змішенні понять складності і хаотичності. При спостереженні турбулентного руху проявляється саме складність руху. Питання ж про міру хаотичності вимагає додаткового аналізу, і для кількісних оцінок потрібні відповідні критерії.

Останніми роками стало широко використовуватися поняття "Динамічний хаос" для характеристики складних рухів в порівняно простих динамічних системах. Слово "динамічний" означає, що відсутні джерела флуктуацій - джерела безладу.

З цієї причини поняття "Динамічна система" відповідає певній ідеалізації. Реальніший хаотичний рух з обліком і випадкових джерел можна назвати "фізичний хаос". Його прикладом і являється хаотичний рух атомів і молекул в стані рівноваги. Перший приклад динамічного хаосу був виявлений в роботі Едварда Лоренца в 1963 році. Він досліджував рішення рівнянь, які служать математичною моделлю конвективного руху в газах і рідинах. Конвективний рух виникає завдяки спільній дії поля тяжкості і градієнта температури, створюваного зовнішнім джерелом тепла. Йдеться, таким чином, про відкриту систему.

Уявимо собі шар рідини, який підігрівається знизу. Конвективний рух виражається в тому, що більше нагріті елементи рідини переміщаються вгору, а холодніші - вниз. Відбувається тим самим передача тепла від низу до верху. При досить малих градієнтах температури перенесення тепла визначається за рахунок теплопровідності. Це молекулярний - неорганізований - процес. Він не супроводжується впорядкованим гідродинамічним рухом, який міг би, подібно до регулювання вуличного руху, управляти перенесенням тепла.

Ситуація істотно міняється, коли градієнт температури перевищує деяке критичне значення. Зміна проявляється в тому, що в рідині виникає впорядкований макроскопічний рух. Воно і називається конвективним. В результаті відбувається саморегулировка теплового потоку : усередині осередків тепліша рідина піднімається вгору, а по краях холодніша опускається вниз. Таким чином, розподіл зустрічних теплових потоків стає c впорядкованим.

Ця ситуація нагадує регулювання зустрічних потоків при вуличному русі. Є, проте, і істотна різниця. Дійсно, регулювання вуличного руху регламентується правилами вуличного руху. При конвективному ж русі має місце процес самоорганізації. Задається лише градієнт температури. Перебудова ж руху відбувається завдяки внутрішнім властивостям самої системи. Зовні результат цієї перебудови проявляється в тому, що на поверхні рідини з'являється диссипативна просторова структура - осередки Бенара. Завдяки такій перебудові забезпечується бОльшая пропускна спроможність, чим при молекулярному - неврегульованому - теплопереносе. Появу нової структури можна розглядати як нерівноважний фазовий перехід.Іншим прикладом нерівноважного фазового переходу може служити виникнення когерентного електромагнітного випромінювання в квантових оптичних генераторах - лазерах.

Відмітимо умови, необхідні для виникнення нерівноважних фазових переходів, які виражаються в утворенні нових диссипативних структур.

* Диссипативні структури можуть утворюватися тільки у відкритих системах. Тільки у них можливий приплив енергії, що компенсуючий втрати за рахунок дисипації і забезпечує існування більше впорядкованих станів.
* Диссипативні структури виникають в макроскопічних системах, тобто в системах, що складаються з великого числа елементів (атомів, молекул, макромолекул, клітин і так далі). Завдяки цьому можливі колективні - синергетичні взаємодії, необхідні для перебудови системи.
* Диссипативні структури виникають лише в системах, що описуються нелінійними рівняннями для макроскопічних функцій. Прикладами можуть служити кінетичні рівняння, наприклад рівняння Больцмана, рівняння газової динаміки і гідродинаміки, рівняння Максвелла в електродинаміці для напряженностей електромагнітного поля і так далі
* Для виникнення диссипативних структур нелінійні рівняння повинні при певних значеннях параметрів, що управляють, допускати зміну симетрії рішення. Така зміна виражається, наприклад, в переході від молекулярного теплопереноса до конвективного теплопереносу по осередках Бенара.

Нерівноважні фазові переходи набагато різноманітніші, ніж рівноважні. Вони грають істотну роль не лише у фізичних, але і в хімічних і біологічних процесах. Все більше усвідомлюється роль нерівноважних фазових переходів і в соціальних системах, і в економіці.Розглянемо математичну модель, яка була використана в роботі Лоренца для опису конвективного руху в атмосфері з метою пророцтва погоди.

Конвективний рух в атмосфері описується дуже складними рівняннями газової динаміки. Вони служать прикладом рівнянь механіки суцільного середовища. Для математичного моделювання цього руху Лоренц використовував дуже спрощену модель - систему трьох звичайних, але нелінійних диференціальних рівнянь. Вони є динамічними рівняннями для макроскопічних характеристик середовища - компонент Фур'є локальної швидкості і температури. Їх рішення може бути проведене лише чисельно, за допомогою комп'ютерів.Проведений аналіз показав, що при досить великих значеннях градієнта температури поведінка рішення є настільки складною, що відповідні рухи сприймаються як хаотичні. Це і дало основу ввести нове поняття "Динамічний хаос".Більше того, було встановлено, що щонайменша зміна початкових умов радикально міняє характер руху. Тим самим рух виявляється динамічно нестійким. Оскільки початкові умови можуть бути задані лише з кінцевою точністю, те пророцтво виду руху за заданими початковими умовами стає практично неможливим.Таким чином, із-за наявності динамічної нестійкості руху в атмосфері завдання довгострокового прогнозу погоди стає надзвичайно важким.

Другий початок термодинаміки

показує в якому напрямі відбувається переміщення енергії в ізольованих системах.Ентропія S в т/д має троякий сенс:

якщо в т/д системі відбуваються процеси, пов'язані з виділенням або поглинанням тепла, то ця система при будь-якій t0 здатна поглинути деяку додаткову кількість тепла. Величина, що характеризує теплову місткість системи і є функцією t0, - S.

1. Теплова місткість системи.

2. Т/д функція стану системи, що є мірою її невпорядкованості.

лід S = 9.8, рідина S = 16.7, газ S = 45.1

3. Міра вірогідності системи, має статистичний характер. Уперше

встановив Больцман.

S = k\*lgW

Т/д вірогідність - це кількість мікростанів, можливих в межах цього макростану. Усі мікростани, що визначають т/д вірогідність мають однакову математичну вірогідність. Математична вірогідність - це середнє значення частоти появи події при масових випробуваннях.

У ізольованих системах безповоротні т/д процеси протікають у напрямі зростання ентропії. S повністю оборотних т/д процесів зберігає постійне значення. Теплота - це особливий вид енергії (низького качетва) не може переходити без втрати в інші види енергії. Теплова енергія пов'язана з хаотичним рухом молекул, інші види енергії базуються на впорядкованому русі молекул.

Дриллюэн створив класифікацію видів енергії за здатністю виду енергії перетворюватися на інші види енергії.

A. - max ефективна, перетворюється на усі інші види енергії.

Гравітаційна, ядерна, світлова, електрична

B. - хімічна

C. - теплова. Деградація вищих типів енергії в енергію нижчих типів -

основна еволюційна властивість ізольованих систем.

Другий закон т/д для відкритих систем

1) dS/dt>0 кількість ентропії в системі зростає

а) dS/dt>0; diS/dt>0;

б) deS/dt=0 немає обміну з середовищем, система ізольована;

в) deS/dt<0, ½deS/dt½< ½diS/dt½

У системі утворюється деяка кількість ентропії, але частина ентропії

відтікав в довкілля, але швидкість відтоку не велика і ентропія

накопичується в системі.

2) dS/dt=0, стаціонарний стан, к-ть ентропії постійна

deS/dt<0, ½deS/dt½=½diS/dt½

Уся ентропія, яка утворюється відтікав в довкілля. Це стан найхарактерніше для зрілих біо систем.

3) dS/dt<0 загальна кількість ентропії в системі убуває

deS/dt<0, ½deS/dt½>½diS/dt½

Ентропія в цій системі, але відтікав з системи більше, ніж утворюється

отже загальна к-ть ентропії в системі зменшується. У реальних біосистемах це зустрічається на стадії зростання, розвитку і становлення ситеми.

Стаціонарний стан

Такий стан т/д системи при якому її параметри з часом не

змінюються, але відбувається обмін речовиною і енергією. Для біосистем часто зустрічається, але в той же час безліч систем прагне до стану рівноваги. Відкриті системи можуть переходити в стан т/д рівноваги

Стаціонарний стан:

- постійний обмін енергією з довкіллям

- постійно витрачається вільна енергія на підтримку стану

- т/д потенціали постійні, G і F не дорівнюють 0

- ентропія постійна, але не максимальна

- градієнти є присутній

Термодинамічна рівновага

- відсутній потік речовини і енергії в довкілля і назад

- на підтримку цього стану не витрачається вільна енергія

- робота здатності системи дорівнює 0, т/д потенціали дорівнюють 0

- ентропія максимальна

- в системі відсутні градієнти

Механізми стійкості стаціонарного стану в біосистемах

Теорема Пригожина : В будь-якій відкритій т/д системі постійно утворюється ентропія, у тому числі і в біосистемі.

Пригожин сформулював:

У стаціонарних станах при фіксованих зовнішніх параметрах локальна продукція ентропії у відкритій т/д системі прагне до мінімального значення.

Ентропія - міра розсіювання вільної енергії, отже будь-яка відкрита т/д система в стаціонарному стані прагне до мінімального розсіювання вільної енергії. Якщо через причини система відхилилася від стаціонарного стану, то внаслідок прагнення до системи до мінімальної ентропії, в ній виникають внутрішні зміни, що повертають її в стаціонарний стан.

Стаціона́рний стан дисипати́вної систе́мі

Стаціона́рний стан дисипати́вної систе́мі - стан відкритої нелінійної дисипативної системи, при якому швидкості зміни всіх процесів дорівнюють нулю.

Стаціонарні стани можуть бути стійкими чи нестійкими, в залежності від поведінки системи при незначному відхиленні. Зміна кількості чи характеру стійкості стаціонарних точок в залежності від параметру називається біфуркацією.

Математичне формулювання

Еволюція однорідної дисипативної системи задається в загальному випадку системою нелінійних диференціальних рівнянь

 \frac{dx_i}{dt} = f_i(x_1, x_2, \ldots, x_N) ,

де xi - динамічні змінні.

У багатьох випадках функції fi залежать від годині лише опосередковано, через динамічні змінні. Тоді система нелінійних рівнянь

 f_i(x_1, x_2, \ldots, x_N) = 0 

визначає так звані стаціонарні точки, що описують стаціонарні стани дисипативної системи. Для стаціонарних точок

 \frac{dx_i}{dt} = 0 .

Дослідження на стійкість

Характер еволюції системи при малому відхиленні змінних системи від стаціонарних станів можна дослідити, аналізуючи лінеаризовану систему диференційних рівнянь в околістаціонарної точки

 \frac{\delta x_i}{dt} = \sum_j A_{ij} \delta x_j ,

де δxi - мале відхилення динамічної змінної від її значення в стаціонарній точці, а .

Шукаючи розв'язок даної лінійної системи диференціальних рівнянь у вигляді , визначається секулярне рівняння для параметру λ

 \text{det}\, |\lambda I - A | = 0 ,

де I - одинична матриця.

* Якщо всі корені цього рівняння мають від'ємну дійсну частину, то стаціонарна точка називається стійкою.
  + Якщо при цьому всі корені рівняння дійсні, то стаціонарна точка називається стійким вузлом.
  + Якщо серед коренів секулярного рівняння існує хоча б одна пара комплексних, то стаціонарна точка називається стійким фокусом.
* Якщо хоча б один корінь секулярного рівняння має додатну дійсну частину, то стаціонарна точка називається нестійкою.
  + Якщо при цьому всі корені дійсні, то стаціонарна точка називається нестійким вузлом.
  + Якщо серед коренів є комплексні, то стаціонарна точка називається нестійким фокусом.

Такий аналіз стаціонарної точки називається аналізом на стійкість у сенсі Ляпунова.

Висновок

Стаціонарний стан відкритої системи має схожість з термодинамічною рівновагою, оскільки обидва стани характеризуються стійкістю параметрів стану, що характеризують їх. Але стаціонарний стан істотно відрізняється від стану рівноваги, оскільки обмінюється енергією з довкіллям: кількість вільної енергії в системі необхідно підтримувати. Ентропія системи в стаціонарному стані - стабільна, але не максимальна. Градієнти і потоки зберігаються в системі. Основна характеристика стаціонарного стану визначена теоремою Пригожина, згідно якої виробництво ентропії в стаціонарному стані мінімально (dS=min). Це означає, що система розсіює мінімальну енергію в середу і потребує мінімального вступу вільної енергії для підтримки свого стану.

Література

* Климонтович Ю.Л. Статистична теорія відкритих систем. М.: Янус, 1995.
* Климонтович Ю.Л. Фізика відкритих систем // Успіхи фізичних наук. 1966.
* Самоорганізація в науці / Під ред. И.Г. Акчурина і В. І. Аршинова. М.: Арго, 1994.
* Пригожин І. Від існуючого до того, що виникає. М.: Наука, 1985.
* Хакен Г. Синергетика. М: Світ, 1980.