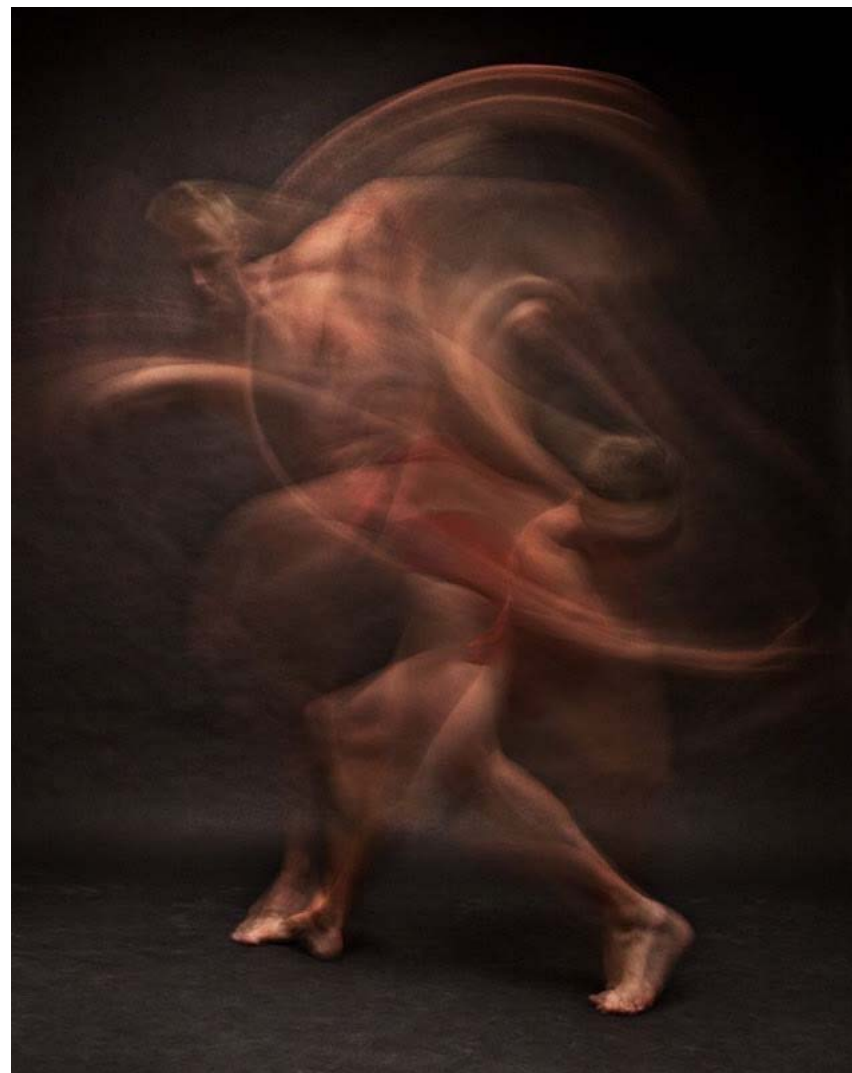


Історія часу:

Необоротність
VS
оборотність

Ігор Мриглод
УКУ, 28.02.2013р.



Наш досвід: “все тече, все змінюється”

Яйця розбиваються, лід топиться,
... люди пам'ятають минуле...

Все від минулого до майбутнього

СТРІЛА ЧАСУ



Геракліт (~500 р. до РХ)

“Природа любить ховатися”

Як побачити приховане?

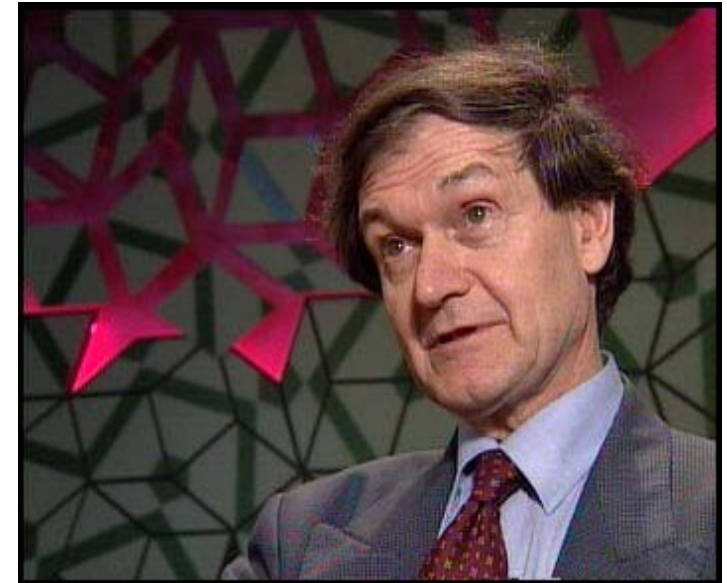
СТРІЛИ ЧАСУ



**Артур Стенлі
Еддінгтон**
астрофізик
(1882–1944)



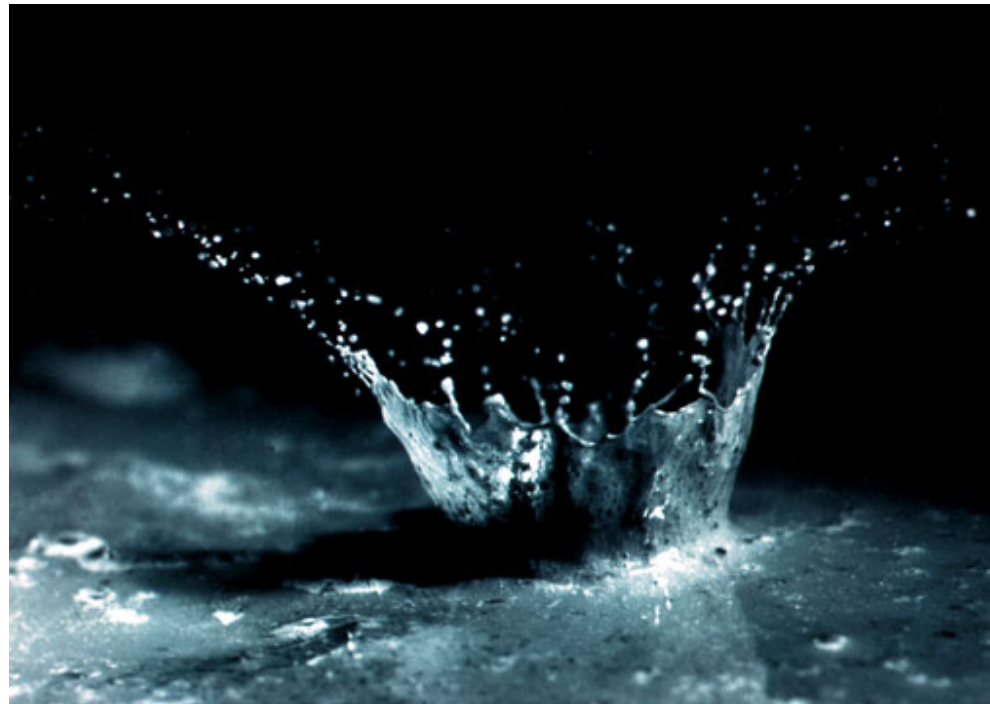
Ілля Пригожин
дослідження складних,
дисипативних систем,
процесів самоорганізації
і необоротності
(1917 — 2003)



Роджер Пенроуз
математик, фізик
і космолог (1931 р.н.)

СТРІЛИ ЧАСУ

- Психологічна
- Космологічна
- Хвильова
- Квантова
- **Термодинамічна**
- Космологічна
- Розпад каонів



Усі однаково направлені!

...А також в хімії, біології,
теорії інформації....

СТРІЛИ ЧАСУ: психологічна

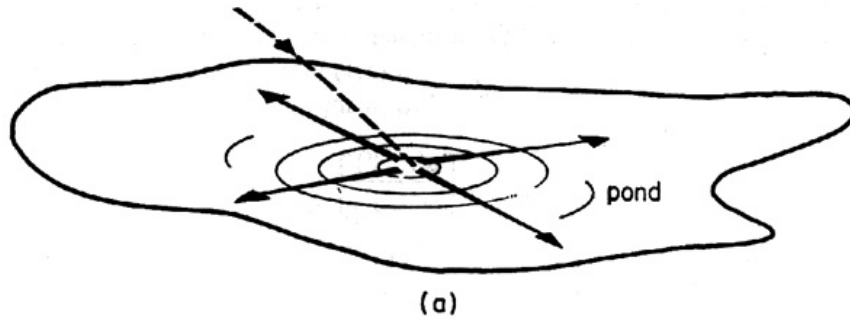
Не пам'ятаємо майбутнє

- Власний час, “природній” масштаб
- Наше “зараз” і сприйняття часу
- Дослідник і світ
- Наука як людська діяльність

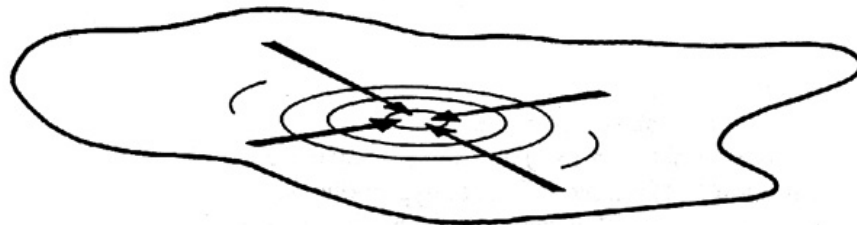


СТРІЛИ ЧАСУ: хвильова

Принцип причинності



(a)

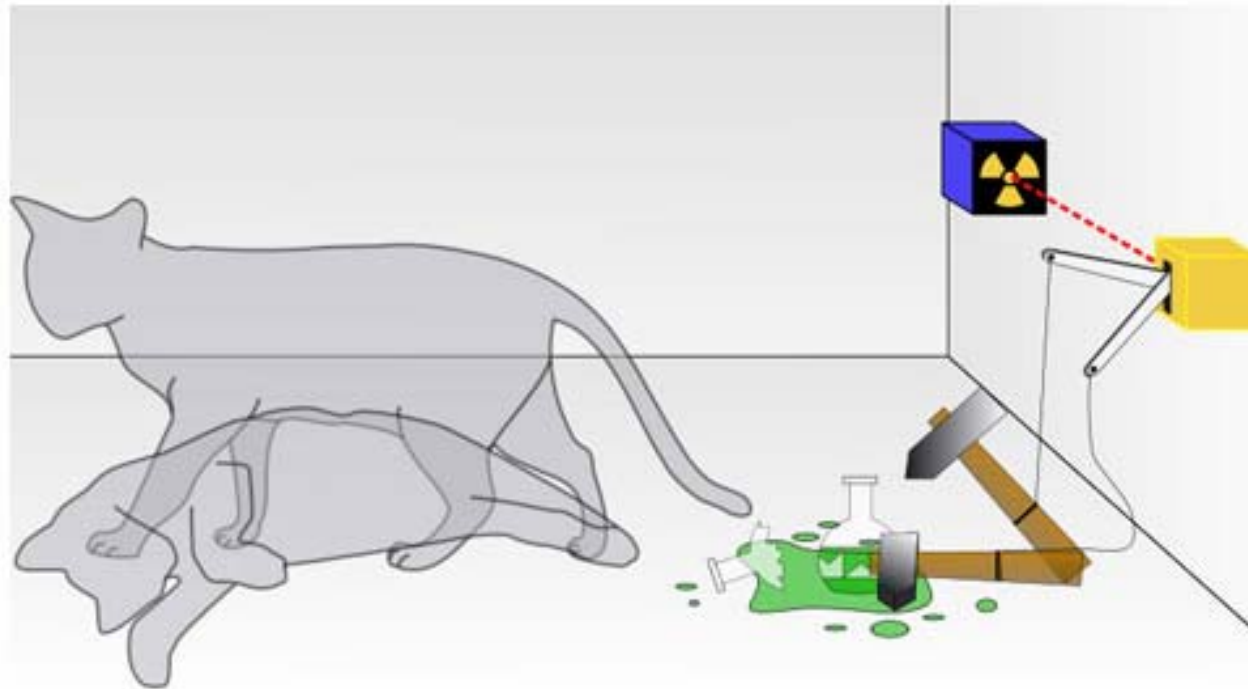


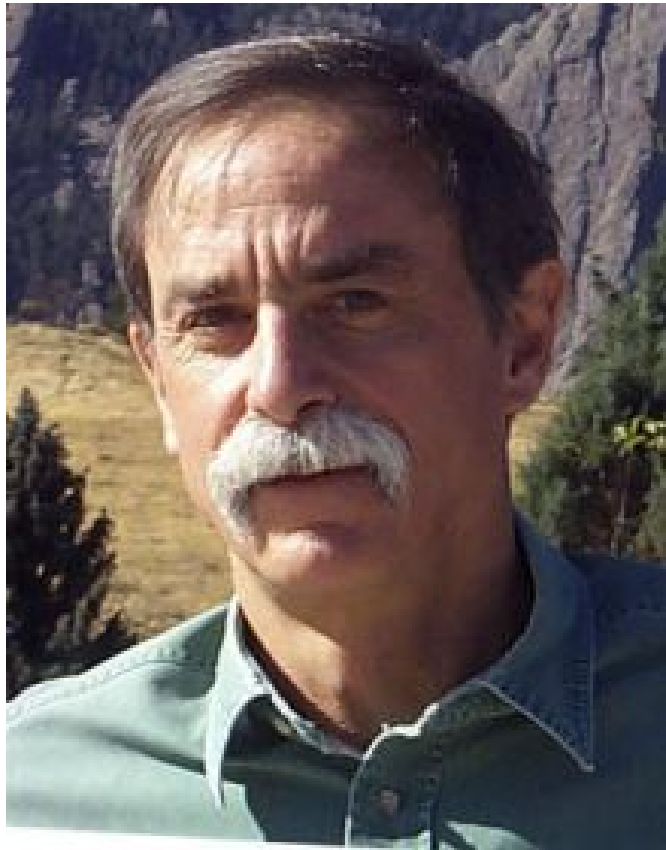
(b)



СТРІЛИ ЧАСУ: квантова

Колапс хвильової функції і проблема вимірювання



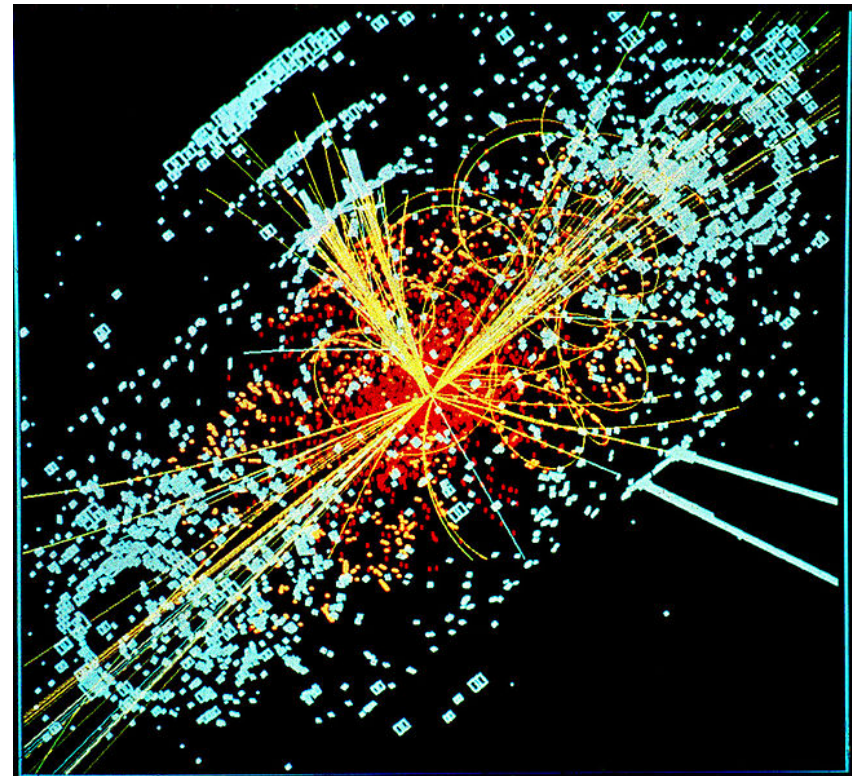


Нобелівська премія 2012 року з фізики: Серж Арош (Франція) і Девід Вайнланд (США) за створення «інноваційних експериментальних методів, які дозволяють проводити виміри та маніпулювати на рівні окремих квантових об'єктів» (колапс хвильової функції, надточний годинник, квантовий комп'ютер, гравітаційне сповільнення...)

СТРІЛИ ЧАСУ: розпад каонів

CPT-симетрія усіх фізичних явищ, якщо правильні квантові закони і має місце лоренц-інваріантність (зарядове спряження, парність, інверсія часу).

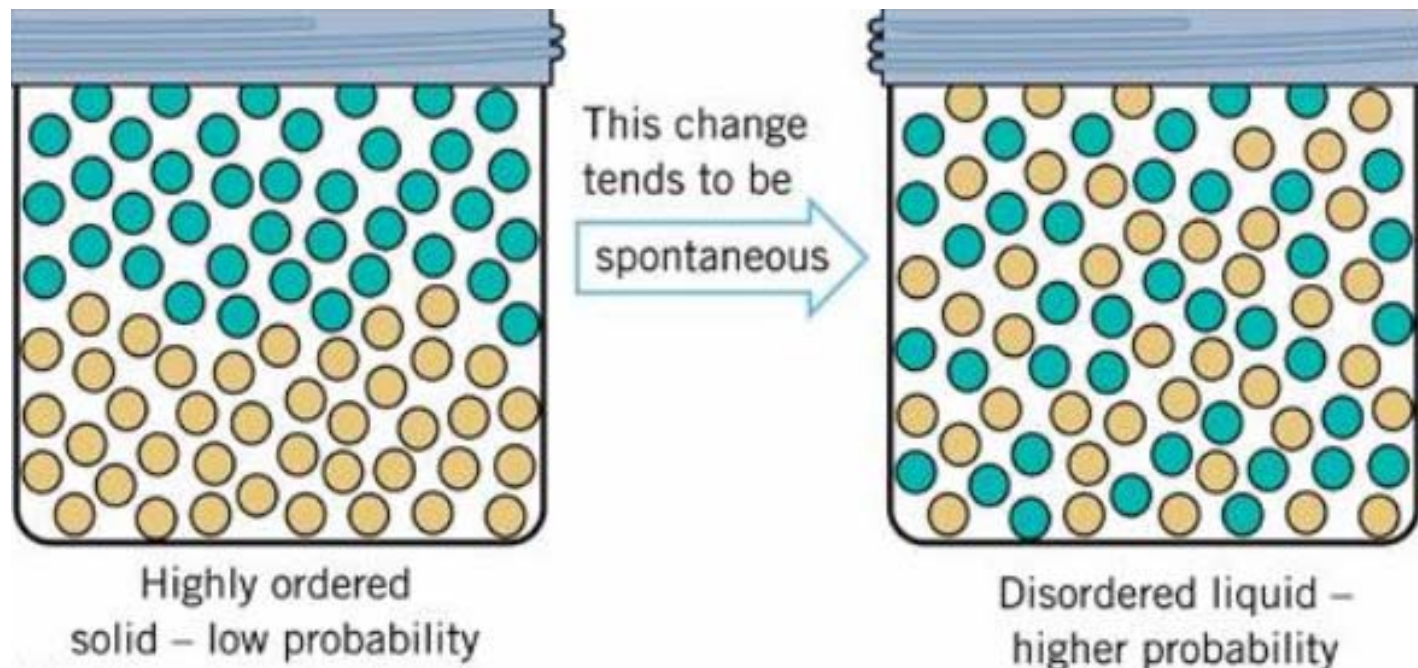
- Порушення P-симетрії при слабкій взаємодії (Янг і Лі, Нобелівська премія 1957). В рамках Стандартної моделі за порушення симетрії відповідає бозон Гігґса.
- При слабкій взаємодії порушується також CP-симетрія, а отже і T-симетрія. Експерименти з каонами у 1964 році (Кронін і Фітч, Нобелівська премія 1980). Мала імовірність!



Зіткнення двох протонів

СТРІЛИ ЧАСУ: термодинамічна або ж ентропійна

2й закон термодинаміки: У будь-якому
реалістичному процесі ентропія замкнутої системи
завжди зростає (не зменшується)



СТРІЛИ ЧАСУ: філософський аспект

Чи усі ці “стріли часу” незалежні? Чи є єдиний механізм виникнення необоротності? Як співвідносяться оборотні закони мікросвіту і необоротність макродинаміки?



З дискусії космологів:



Артур Еддінгтон

Концепція стріли часу у *The Nature of the Physical World*, 1928

Стріла часу як індикатор прогресивного наростання присутності випадкових елементів. Використовуючи розлогу аргументацію щодо природи термодинаміки прийшов до висновку, що в частині, яка стосується фізики, стріла часу – це виключно властивість ентропії.



Стивен Гокінг

Стріли пам'яті та ентропії пов'язані. Енергія вимагається для зчитування 1 біту інформації, що збільшує ентропію.



Тоні Ротман

Про необоротність розпаду елементарних частинок:
Чи є тут температура?

Чи є тут ентропія?

Один із найглибших парадоксів фізики, що досі актуальний:

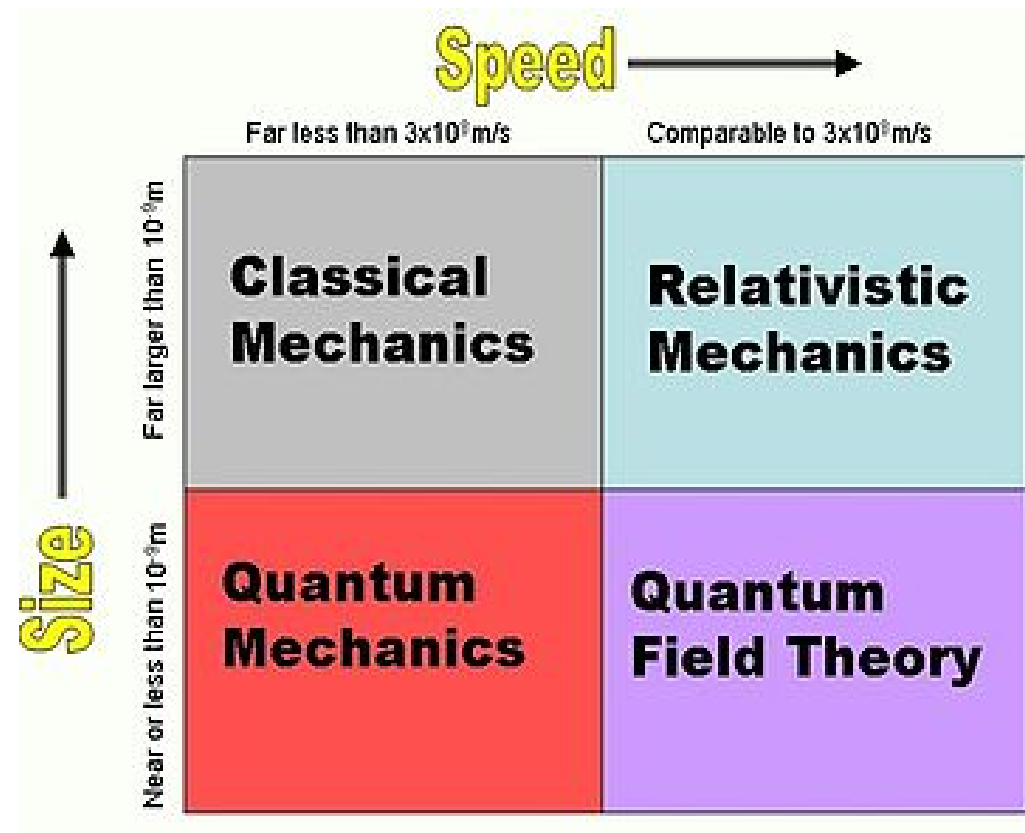


Фундаментальні закони мікросвіту (як правило!) часо-оборотні, а природа ні!

Чи є більш фундаментальні асиметричні закони?

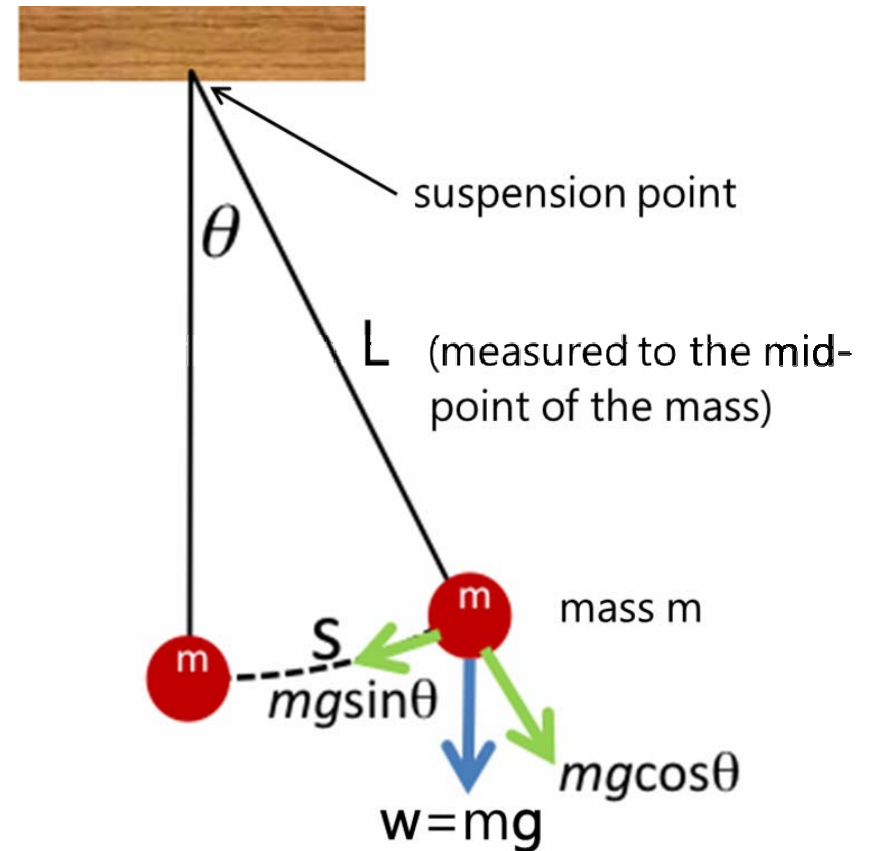
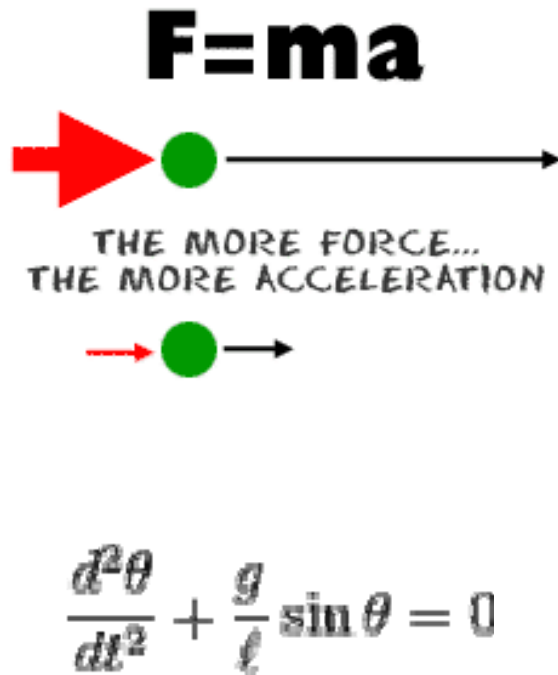
Фундаментальні мікроскопічні теорії: симетричні в часі

- Механіка Ньютона
- Електромагнетизм
- Релятивістична механіка
- Квантова механіка



Приклад з механіки

Маятник: рівняння руху “інваріантні при інверсії часу”



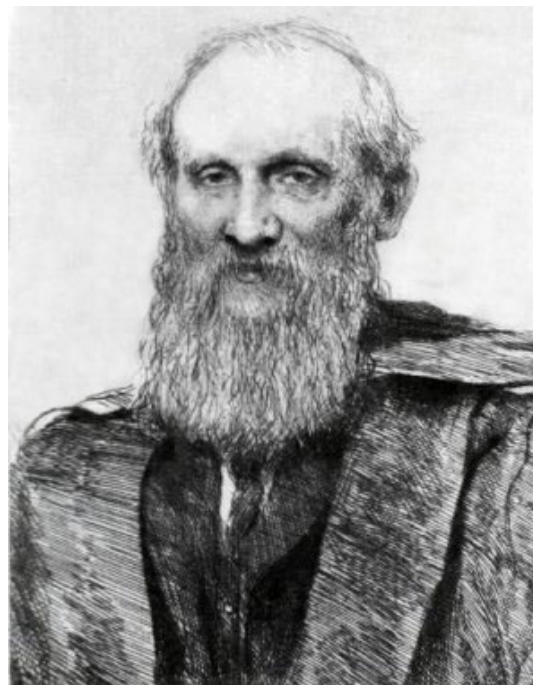
Наслідки для інтегрованих систем: оборотність і детермінізм
Як виникає необоротність у системі багатьох частинок?

Формулювання другого закону термодинаміки (сер. XIX ст.)



Рудольф Клаузіус
(1822-1888)

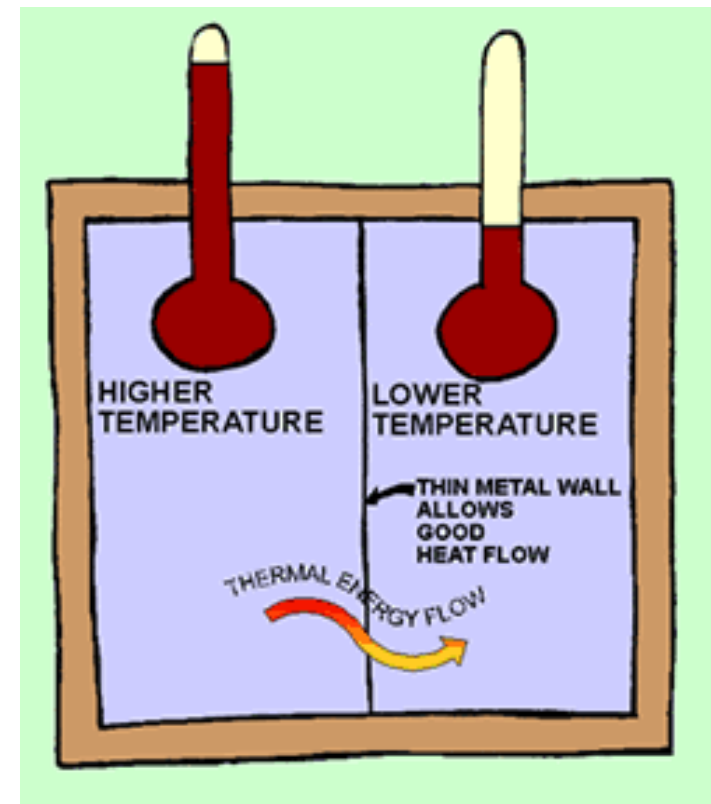
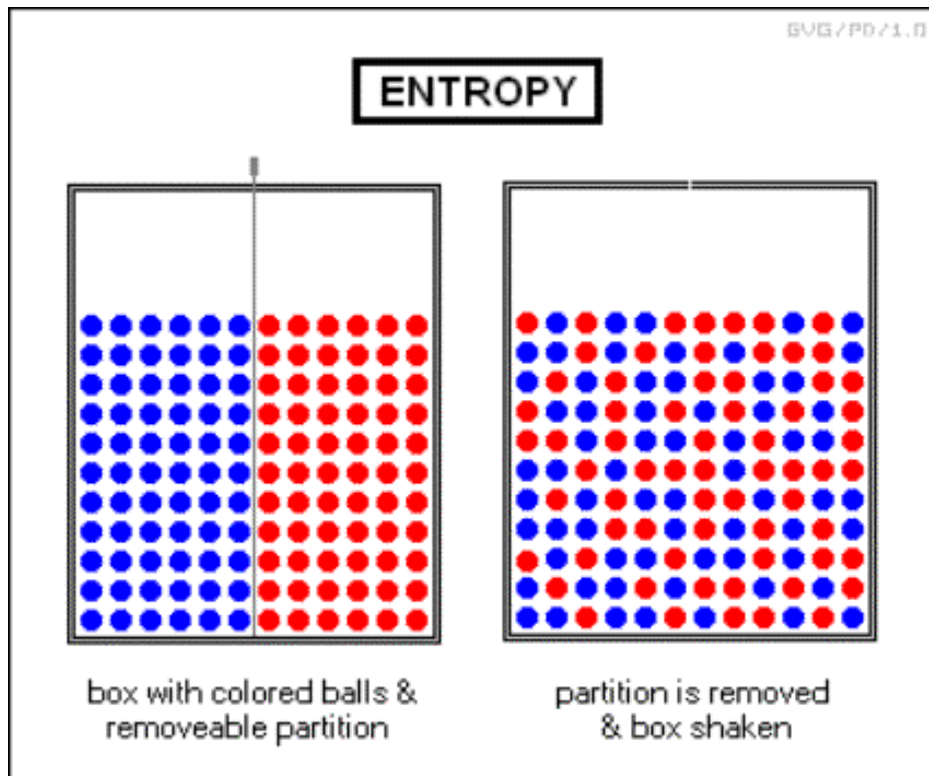
Самочинний перехід теплоти від менш нагрітого тіла до більш нагрітого неможливий



Вільям Томсон, лорд Кельвін (1824-1907)

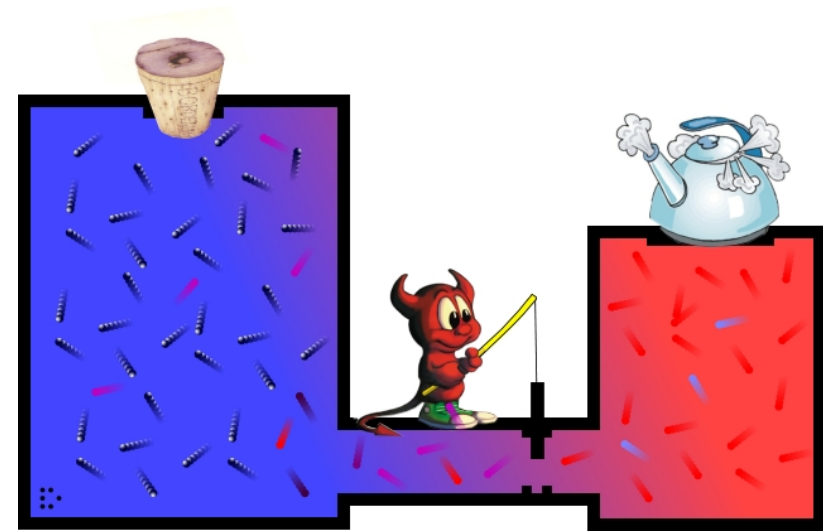
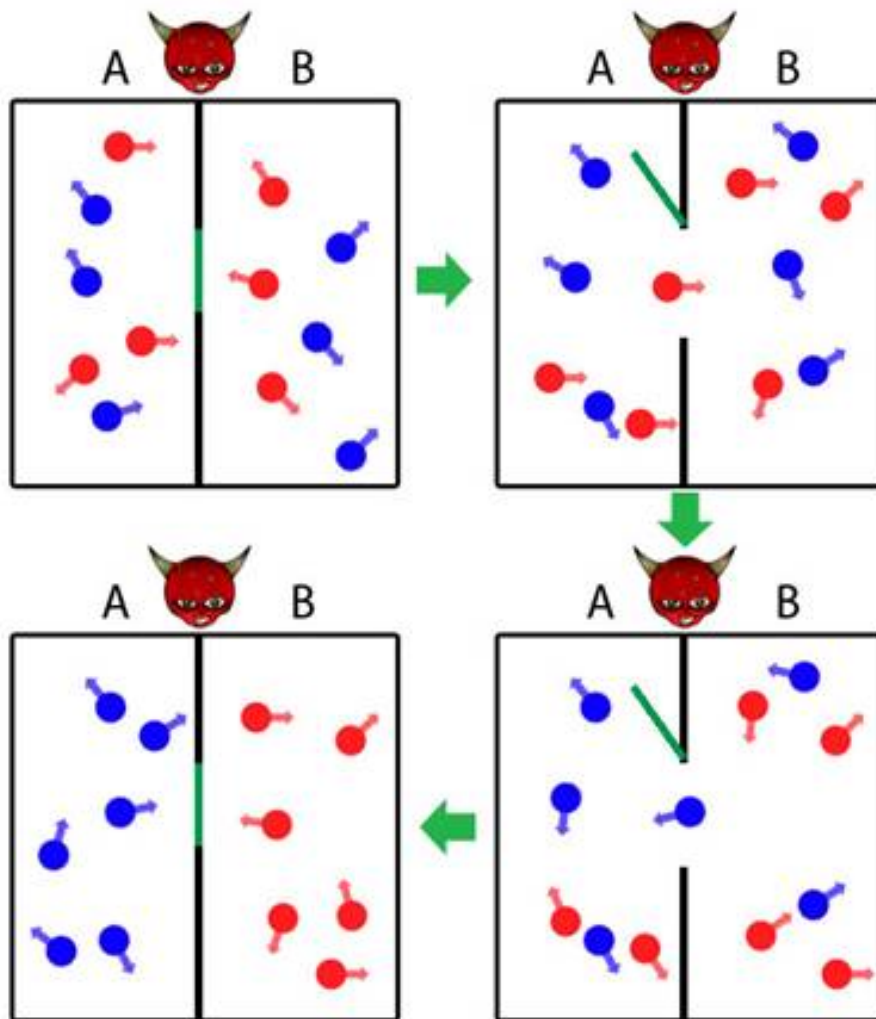
Неможливо перетворити теплоту в роботу, не виконуючи ніякої іншої дії крім охолодження системи

Процеси у макросвіті необортні: у напрямку росту ентропії



Прямуювання до рівноваги і гіпотеза теплової смерті

Процеси у макросвіті необортні: демон Максвелла



Демон Максвелла

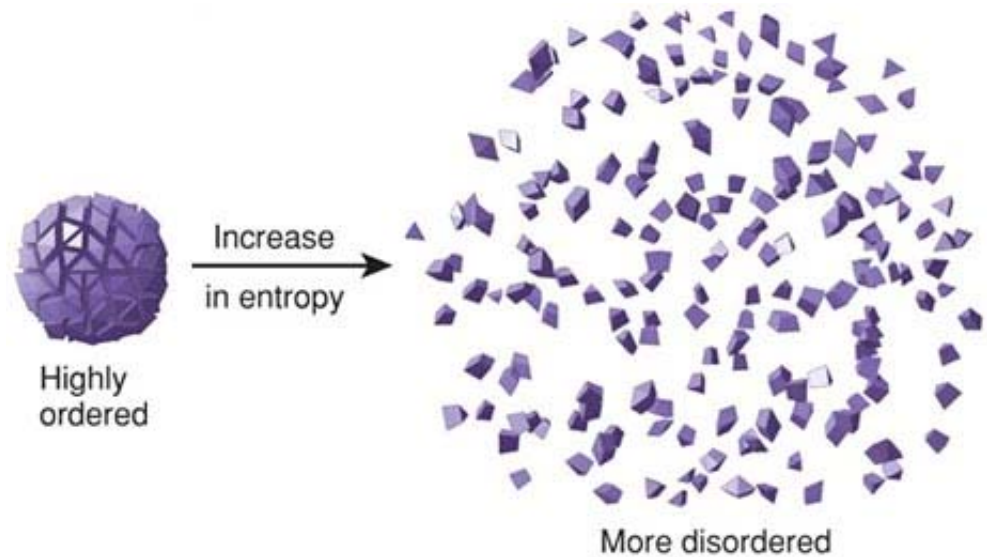
гіпотетична розумна істота мікроскопічного розміру, що може забезпечити процес, який суперечить 2-у закону термодинаміки. Уявний експеримент, запропонований у 1867 році Джеймсом Максвеллом

Ентропія міра “порядку” чи “безладу” в системі



Роджер Пенроуз

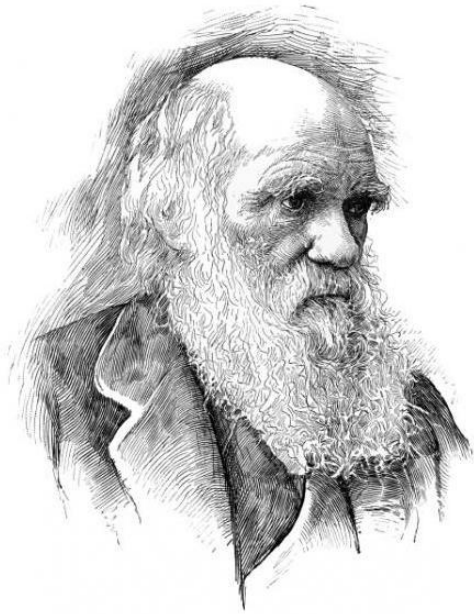
Мала ентропія поблизу великого вибуху є відповідальною за все, що стосується ентропійної стріли часу



Від порядку до хаосу!

entrop

Початки статистичної теорії: вклад Больцмана



Чарлз Роберт Дарвін
(1809-1882)

Запропонував теорію еволюції у живій природі ("Походження видів", 1859). Рушієм еволюції вважав природній відбір та невизначену змінність



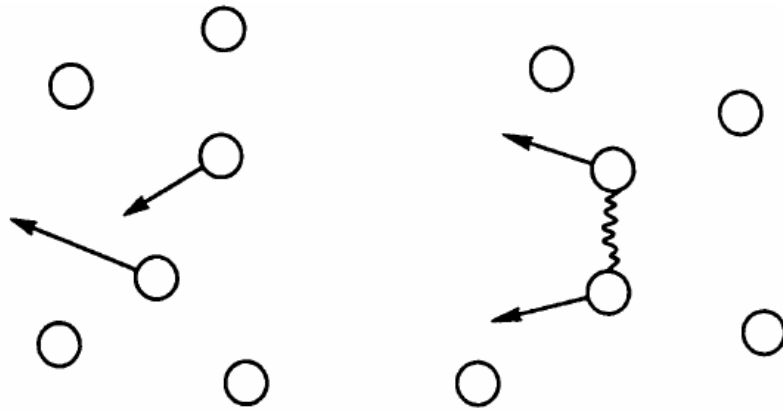
Людвіг Едуард Больцман
(1844-1906)

Один із творців статистичної фізики і фізичної кінетики

**Від особини до популяції / від частинки до групи частинок /
від індивідуальної траєкторії до функції розподілу**

Початки статистичної теорія: вклад Больцмана

- Система з великого числа однакових класичних частинок, що взаємодіють лише при зіткненнях



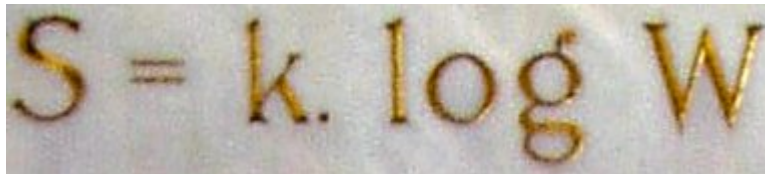
*Миттєві фото до і
після зіткнень:
виникнення кореляцій*

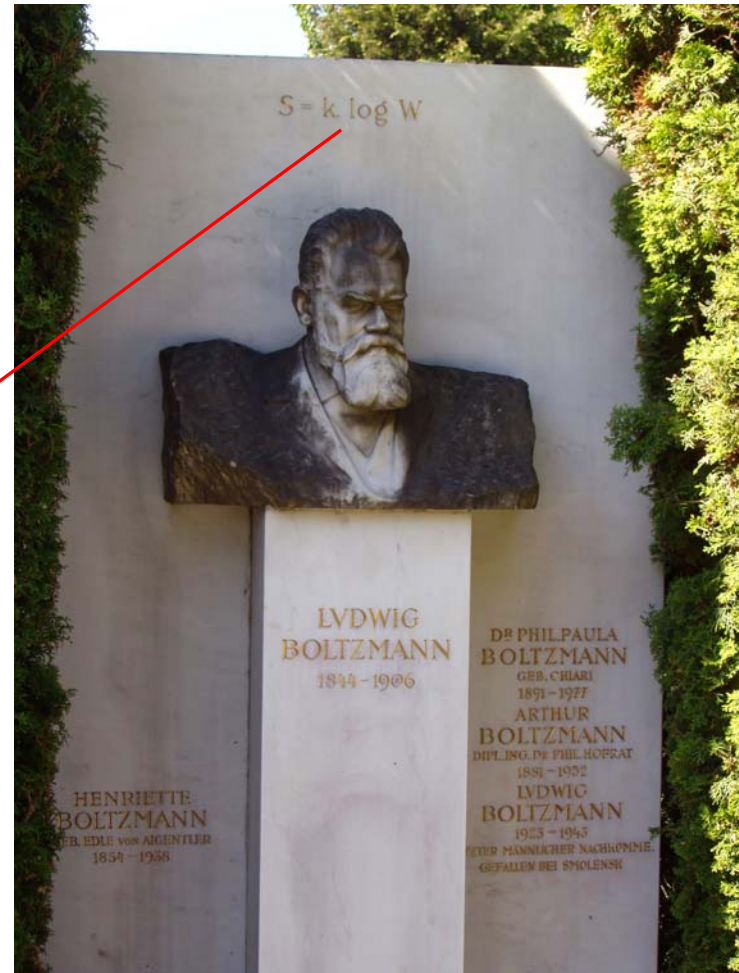
- Імовірнісний підхід: регулярності, що спостерігаються у відносній частоті появи різних конфігурацій та швидкостей $[(6N \text{ змінних}) \rightarrow (T, n, \dots)]$

Кінетичне рівняння Больцмана (1872): необоротне, має
рівноважний розв'язок (розподіл Максвелла-Больцмана)

Початки статистичної теорії: вклад Больцмана

- Н-теорема: Н-функція є спадною при зміні часу і приймає мінімальне значення у рівноважному стані
- Статистичний вираз для рівноважної ентропії


$$S = k \cdot \log W$$



Початки статистичної теорії: критика Больцмана

Теорема про повернення:

Якщо повна енергія системи зберігається, то це обмежує доступний фазовий простір. Тому система з часом повернеться як завгодно близько до початкового стану. Якщо ентропія визначається через змінні стану, тоді і вона повинна теж повернутися до початкового значення.

Чи можливе повернення до стану з розділеним газом? За який час?



Жуль Анрі Пуанкаре́
(1854-1912)

Математик, фізик-теоретик, інженер, філософ науки.

Початки статистичної теорії: критика Больцмана

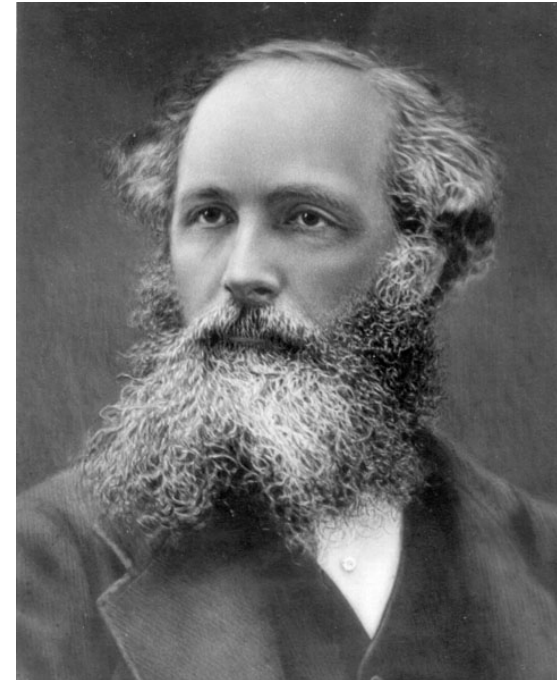
Парадокс Лошмідта:

Якщо в певний момент часу змінити знак усіх швидкостей частинок, то має спостерігатися зворотня еволюція (антиБольцманівська) із ростом H -функції (неможливо отримати необоротність з оборотних рівнянь руху).

Гіпотеза "молекулярного хаосу",
кореляції та ентропійний бар'єр

Ернст Цермело (1871-1953):

дискусія поколінь і поглядів...

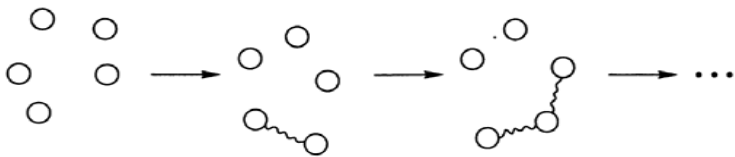


Йоган Йозеф Лошмідт
(1821-1895)
Фізик і хімік.

Парадокс Лошмідта: нове трактування

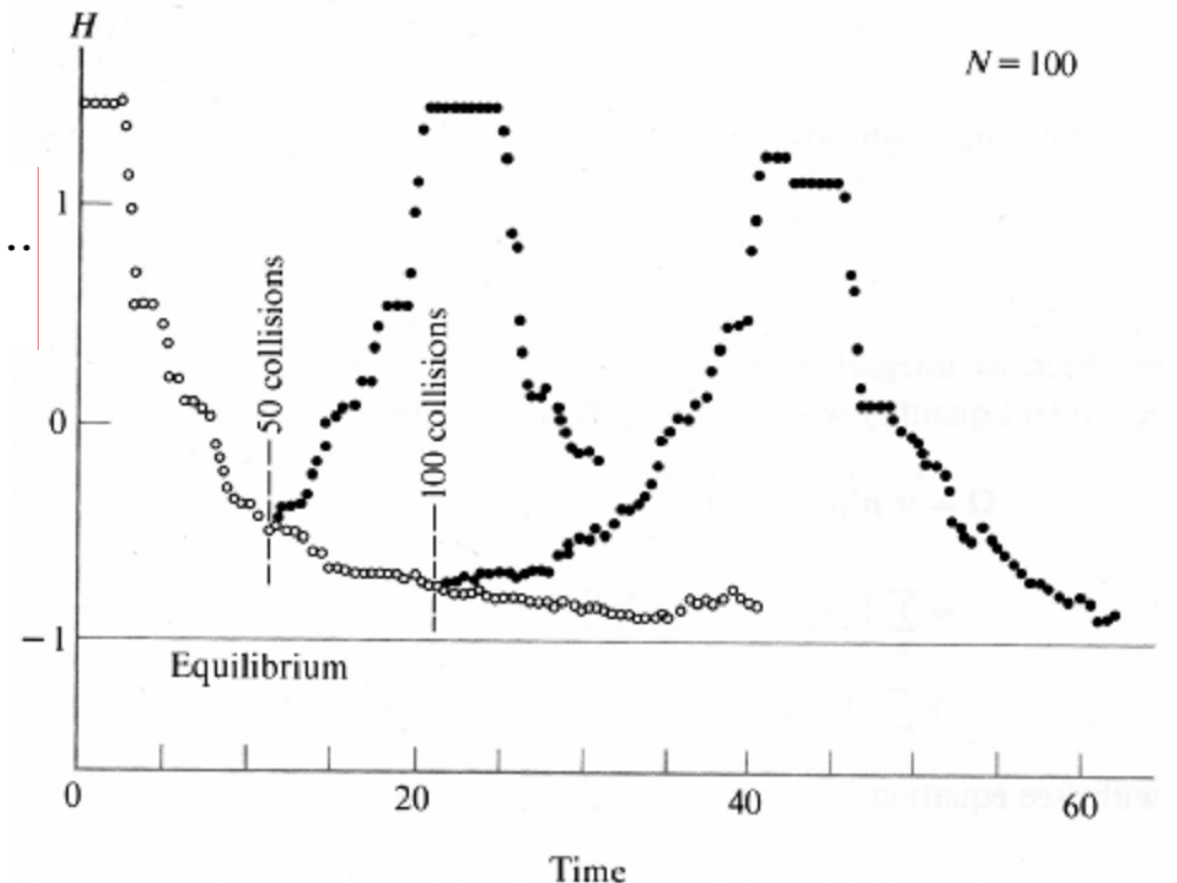
Інверсія швидкостей → “корельований” початковий стан → ефекти пам’яті – нова і цікава фізика (спінове ехо, проблема старіння...)

Від експерименту в уяві
до комп’ютерного
моделювання



Де сховище пам’яті?
Де включається
необоротність?

A. Bellemans and J. Orban,
Phys. Letters 24A (1967) 620



Google

"Boltzmann equation"



Scholar

About 181,000 results (0.04 sec)

Google

"recurrence paradox"



Scholar

About 126 results (0.02 sec)

Articles

[Zermelo, Boltzmann, and the recurrence paradox](#)

[VS Steadline, Am. J. Phys. 1092, ndforncis.org](#)

Вердикт історії ...
і необоротність часу



Пост-Больцманівський період: класичні системи

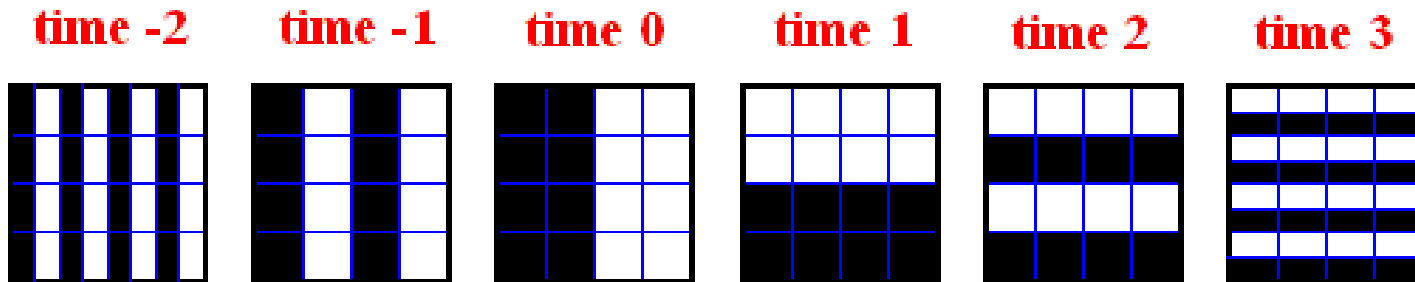
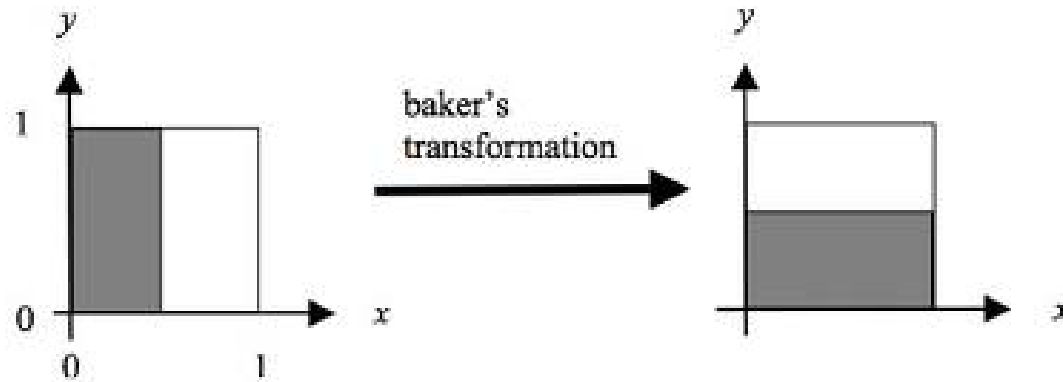
- Розвиток статистичної фізики: теорія ансамблів Гіббса, Броунівський рух, теорія флюктуацій, рівняння Боголюбова, метод нерівноважного статистичного оператора...
- Динамічні системи: інтегровні та неінтегровні (Пуанкаре), КАМ теорія (Колмогоров, Арнольд, Мозер): квазіперіодичні траєкторії та стохастичні...



Детермінізм як властивість обмежених випадків (екзотика), а імовірності, які Больцман вважав втіленням нашого незнання, отримали об'єктивний зміст (адекватна мова для опису випадкових процесів)!

Ефект метелика ... і математична модель погоди!!!

Хаос та ергодична гіпотеза: перетворення пекаря і траєкторії

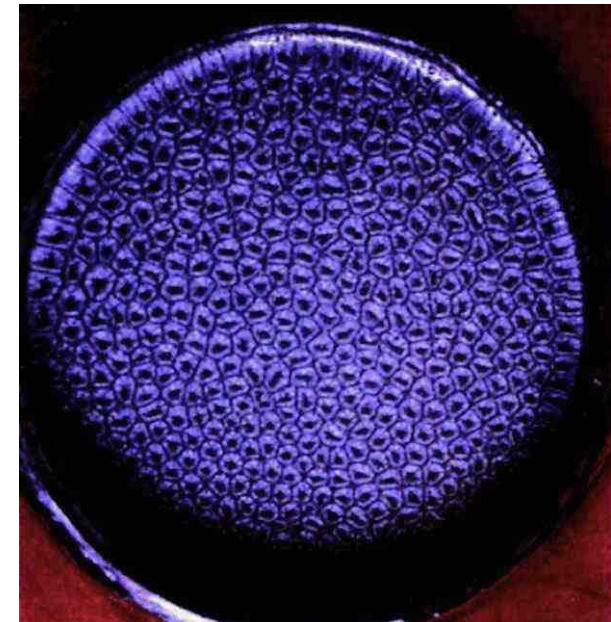
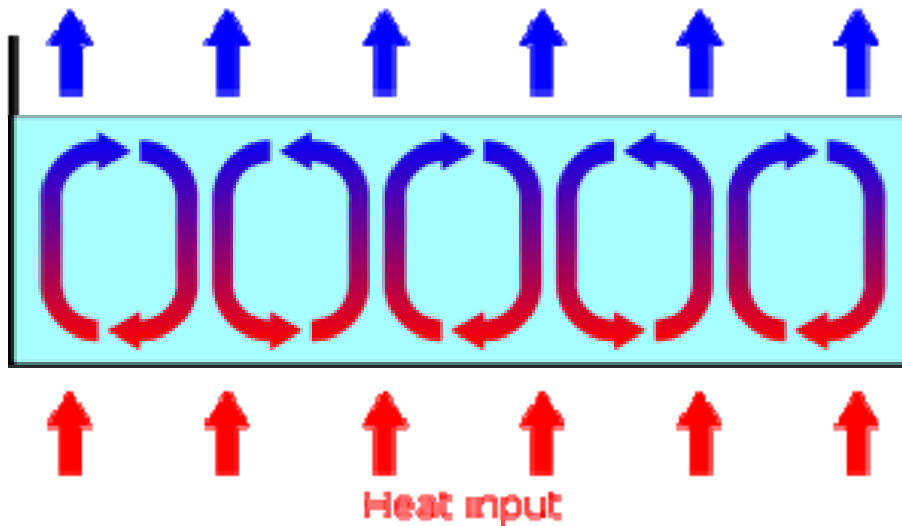


- Власний час, виділена стріла часу, відмінні “минуле” і “майбутнє” (аксіома причинності), зв’язок простору часу...

Самоорганізація і дисипативні структури

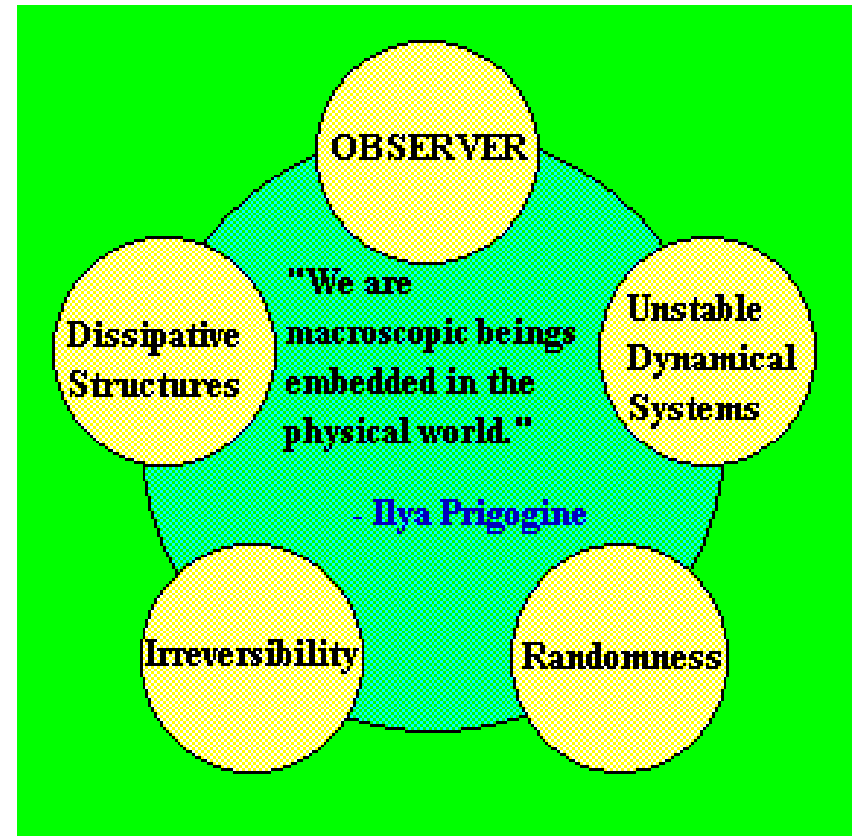


Fluid cools by losing heat through the surface



Необоротність у макросвіті: погляд Пригожина

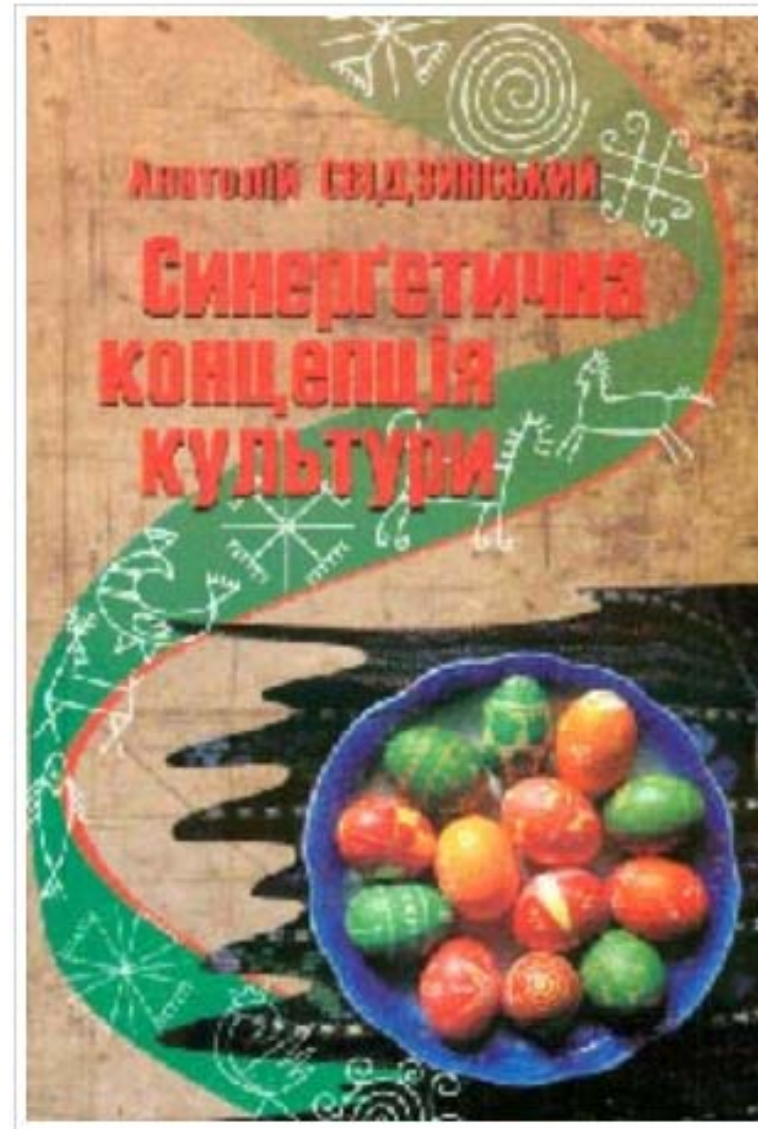
1. 2й закон термодинаміки фундаментальний
2. Хаотичні системи демонструють необоротню поведінку
3. Тому закон росту ентропії обумовлений роллю хаосу



Намір переписати фундаментальні закони мікросвіту з врахуванням ролі хаосу: чи є в тому потреба?

Ентропія і гуманітарні науки

Анатолій Свідзинський
Синергетична концепція культури
Луцьк: ВАТ «Волинська обласна
друкарня», 2009.– 696 с.



То що
таке ЧАС?



Дякую за увагу!