



# Курс: Цифровые технологии в научных исследованиях

## ЛЕКЦИЯ 8 «ИНФОРМАЦИЯ КАК ФЕНОМЕН СЛОЖНОСТИ»

3 декабря  
2020

«Ключевой идеей, ведущей к «объединению» гравитации и квантовой теории, может стать изучение Природы не в терминах материи и энергии, а в терминах информации».

Р. Пенроуз (1989)

- Для осуществления одной логической операция за время  $\Delta t$  требует в среднем  $E \geq \pi\hbar/2\Delta t$  джоулей энергии
- Если система обладает энергией  $E$ , то может произвести максимум  $2E/\pi\hbar = 1/\Delta t$  логических операций за секунду
- Так вычислитель весом 1 кг обладает энергией  $E = mc^2 = 8.9874 \cdot 10^{16}$  J. Значит он может произвести

**$2mc^2/\pi\hbar = 5.4258 \cdot 10^{50}$  операций в секунду**

## **Закон простоты сложных систем:**

Реализуется тот вариант сложной системы, который обладает наименьшей сложностью.

Следствия:

- «бритва Оккама» - самое простое объяснение является самым верным;
- иерархическое модульное построение сложных систем;
- симметрии устойчивых структур;
- экстремальный характер неопределенности (функции распределения параметров, имеющих неопределенные значения, имеют экстремальный характер – у функции имеется экстремум).

- **Закон сохранения неопределенности (информации) :**

Неопределенность изолированной (замкнутой) системы сохраняется при любых физически реализуемых преобразованиях, если оператор преобразования линейный, а значение определителя такого оператора равно единице.

Следствие:

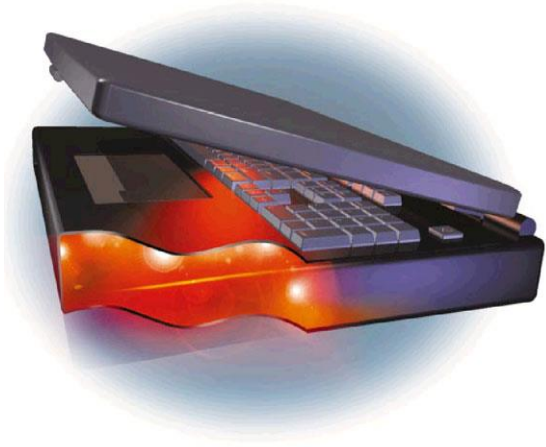
- Закон конечности информационных характеристик сложных систем.
  - Все виды взаимодействия между системами, их частями и элементами имеют конечную скорость распространения, скорость изменения состояний элементов системы ограничена, информация о событии или координате всегда конечна, длительность сигнала всегда больше нуля.

- **Закон необходимого разнообразия Эшби:**

Для эффективного функционирования разнообразие системы управления должно быть не менее разнообразия объекта управления.

### Следствие

- теорема Шеннона,
- теорема Котельникова,
- теорема Холево (верхняя граница количества информации, извлеченной из квантовых состояний). Одна двоичная единица информации соответствует энергии равной постоянной Больцмана, умноженной на температуру
- теорема Марголиса–Левитина: computation rate cannot be higher  $6 \times 10^{33}$  operations per second per [joule](#) ,
- теоремы Геделя о неполноте (неопределенность неустранима).



Физические законы есть следствие законов преобразования информации.

Физическая система с **нулевой энтропией**, которая использует **для** вычислений всю доступную для этого энергию, для внешнего наблюдателя проявляется как часть «Большого Взрыва».

**Наука 2.0.** Парадигма – организованная сложность. Рассмотрение открытых систем, взаимодействующих с окружением - измерения (наблюдения) меняют свойства изучаемого объекта - законы природы – следствие принципа дополнительности в форме корпускулярно-волнового дуализма. Итак: состояние изучаемых объектов дается в терминах свойств волновой функцией – математического выражения для распределения вероятностей различных объективно возможных состояний объекта. «Царица» науки - квантовая ( волновая) механика.