



Санкт-Петербургский  
Государственный  
Политехнический  
Университет

Институт прикладной  
математики и механики

КАФЕДРА  
ТЕЛЕМАТИКА

# Методы исследовательской работы

## анализ проблемы сложности вычислений: интеллектуальные аспекты (занятие 7)

---

23 марта  
2022 г.

# Что было на прошлой памяти

Вычисления - это процесс, который реализует отображение между некоторыми символическими структурами (доменами). Реализованное отображение может принимать форму

функция,  
оператора,  
Алгоритмы  
Понимание  
или  
отношения.

Любая символьная структура может быть  
числа:  $3 + 2$  равно 5,

а может и нет. **Все зависит от.... наличия механизмов,  
которые аналогичны процессам вычислений**

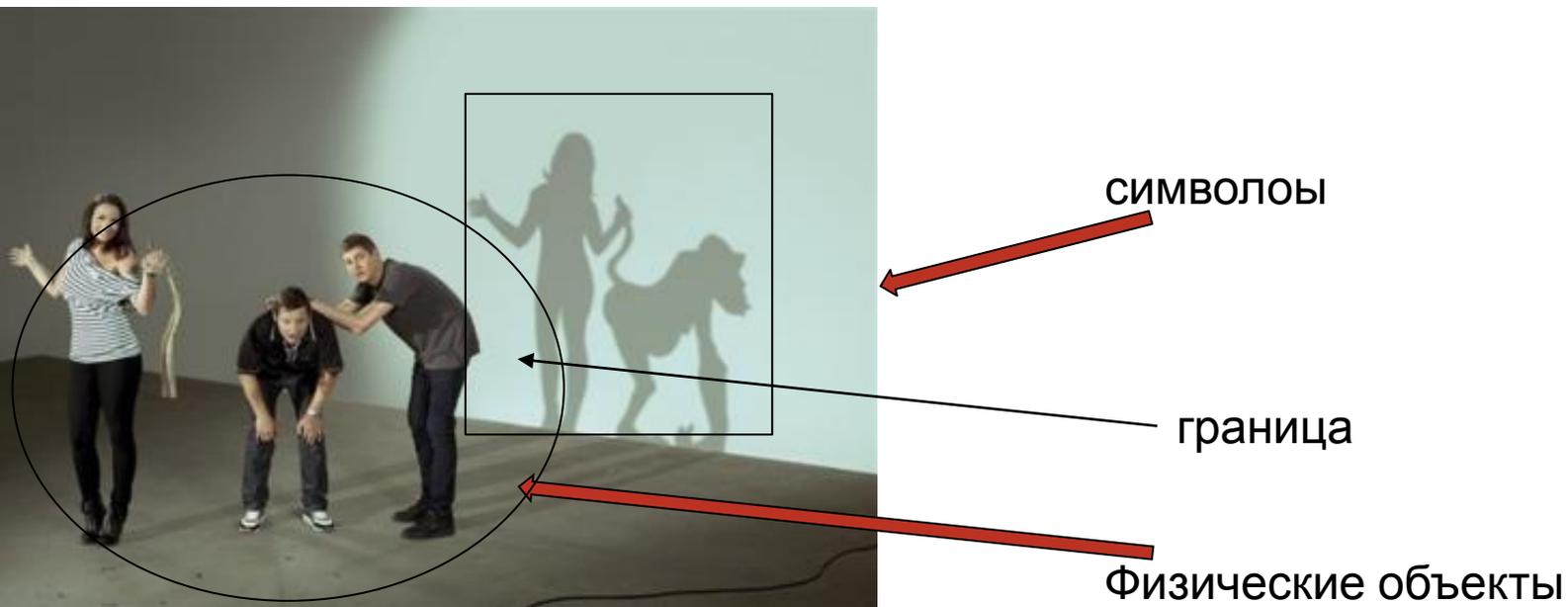
# От алгебры логики к топологии

- Появлению топологии предшествовал длительный период развития математической мысли. Основная гипотеза в современном анализе данных, заключается в том, что данные «имеют форму,» или, другими словами, данные отбираются из некоторого базового многообразия — в этом суть “гипотезы многообразия”.
- С точки зрения топологии выделяются *качественные* (собственно топологические) свойства пространства, в котором находится исследуемый объект.
- К количественным свойствам относятся кривизна, измерение углов, измерение площадей. Качественные свойства пространства представлены размерностью, ориентированностью, связанностью.

# Фундаментальные понятия, которых нет в логике, но есть в топологии

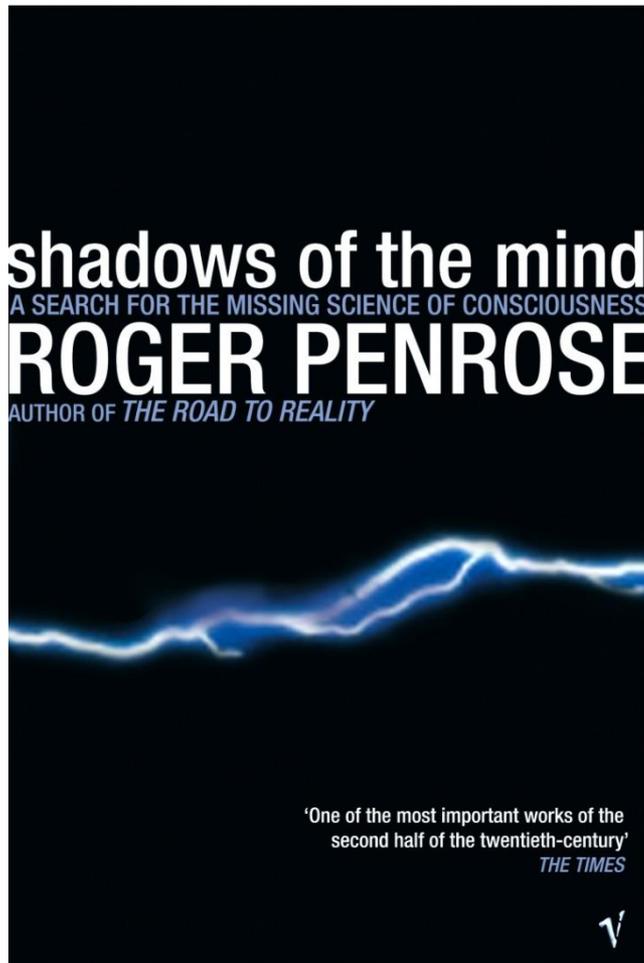
- топология использует такие понятия, как безграничность, бесконечность, .... непрерывность
- *Безграничность* – это топологическое свойство пространства, указывающее на то, что у него нет границ ни в каком направлении.
- *Бесконечность* – это метрическое свойство, согласно которому можно продвигаться как угодно далеко. Примером безграничного, но не бесконечного пространства является шар. Перемещаясь по шару, мы не встретим никаких границ при своём движении, но это пространство метрически конечно, так как имеет вполне определённую площадь.
- Пример бесконечного безграничного пространства. Это плоскость. В целом для топологических характеристик пространства необходимо применять понятия, характеризующие их свойства как *замкнутое* (метрический признак «конечное») и «*открытое*» (метрический признак «бесконечное»), ориентированное и неориентированное, а также показатель *связанности*.

# «Символы» против или с *physical reality*



В науке давно известна физическая невычислимость «прошлых» состояний термодинамических процессов, и полная обратимость во времени и изотропность в пространстве фундаментальных законов.....

но до сих пор нет ясности как эти ограничения преодолеваются при функционировании мозга



**quod sentimus loquamur**

мы чувствуем, что говорим

**quod loquimur sentiamus**

мы представляем этот опыт

математика и компьютерные науки тесно связаны с передним краем физических исследований  
Р. Пенроуз

. ВЫЧИСЛЕНИЯ – это работа с числами  
СОЗНАНИЕ – это обработка информации

**Существует ли и в чем принципиальная  
разница между "обработкой" чисел или  
вычислений и обработкой информации или  
сознания?**

В настоящее время существует 2 основных подхода к ИИ:

**статистическое машинное обучение** (обучение на основе данных, например, научиться отличать кошек от собак, просматривая пиксели множества помеченных фотографий)

**символьный ИИ** / логические рассуждения / компьютерная алгебра (например, преобразование  $2y=x$  в  $y=0.5x$  или вывод из слов "все люди смертны" и "Джон - мужчина", что "Джон смертен").

**Человеческий разум использует обе вышеперечисленные формы.** Использование только одного из них было бы недостаточным для объяснения того интеллекта, который продемонстрировали люди.

**Статистическое машинное обучение** сегодня часто реализуется с помощью нейронных сетей

Символический ИИ похож на алгебраические манипуляции с "числами" или довольно быстро делает логические выводы .....

**Фундаментальный вопрос заключается** в том, как именно мы можем объединить №1 и №2?

нет трудных задач для реального расчета, а есть только задачи, которые **трудны для определенного уровня понимания** того, как использовать полученные результаты .....

## **ТЕЗИСЫ.**

**Интеллектуальные вычисления** против чисто цифровых вычислений - манипулирование физическими сущностями, свойства которых связаны с энергией и материей, как абстрактными символами.

"Входы" **интеллектуальных вычислений** приходят в виде представлений физических сущностей (действия), а выход может быть либо в виде абстрактного символа, либо в виде физического действия или даже обоих этих действий.

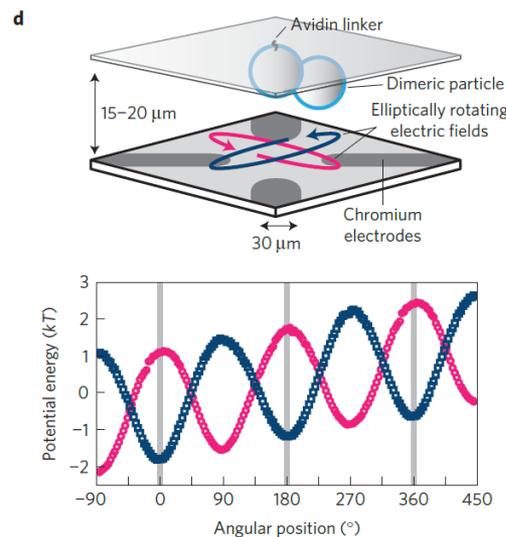
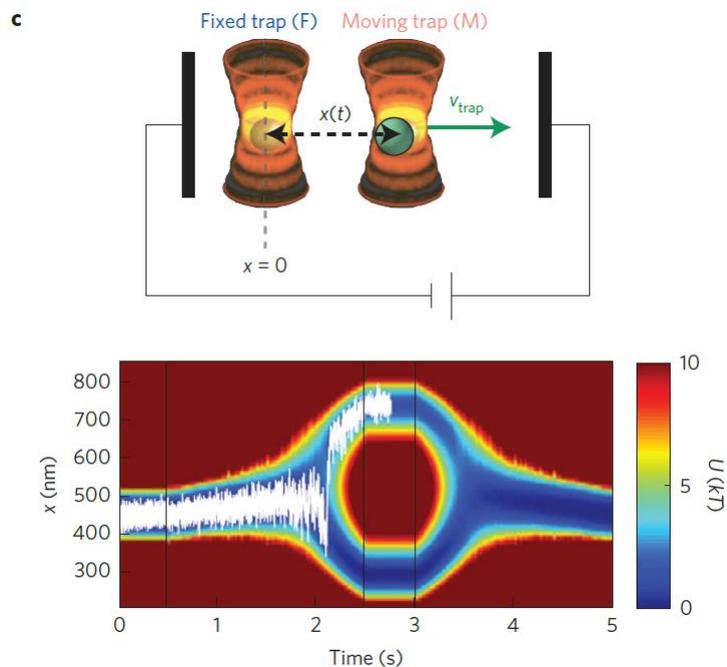
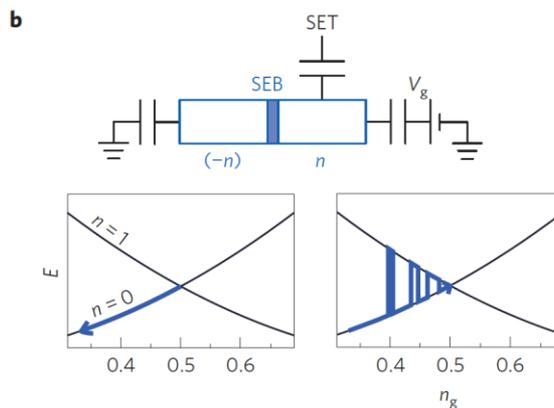
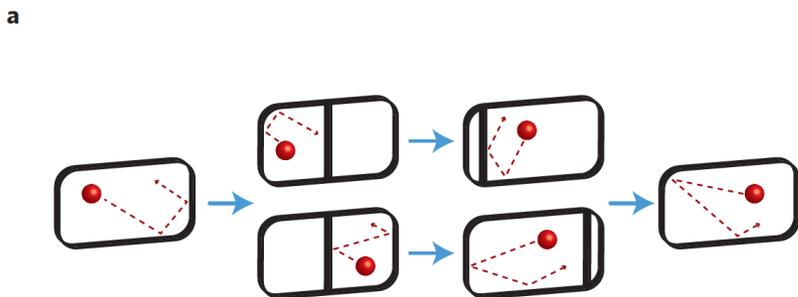
**Вычислительная теория ИИ** должна иметь специфический язык, описывающий процесс уменьшения энтропии среды посредством процесса объяснения.

# Какова природа "мысленного числа", которое участвует в интеллектуальных вычислениях

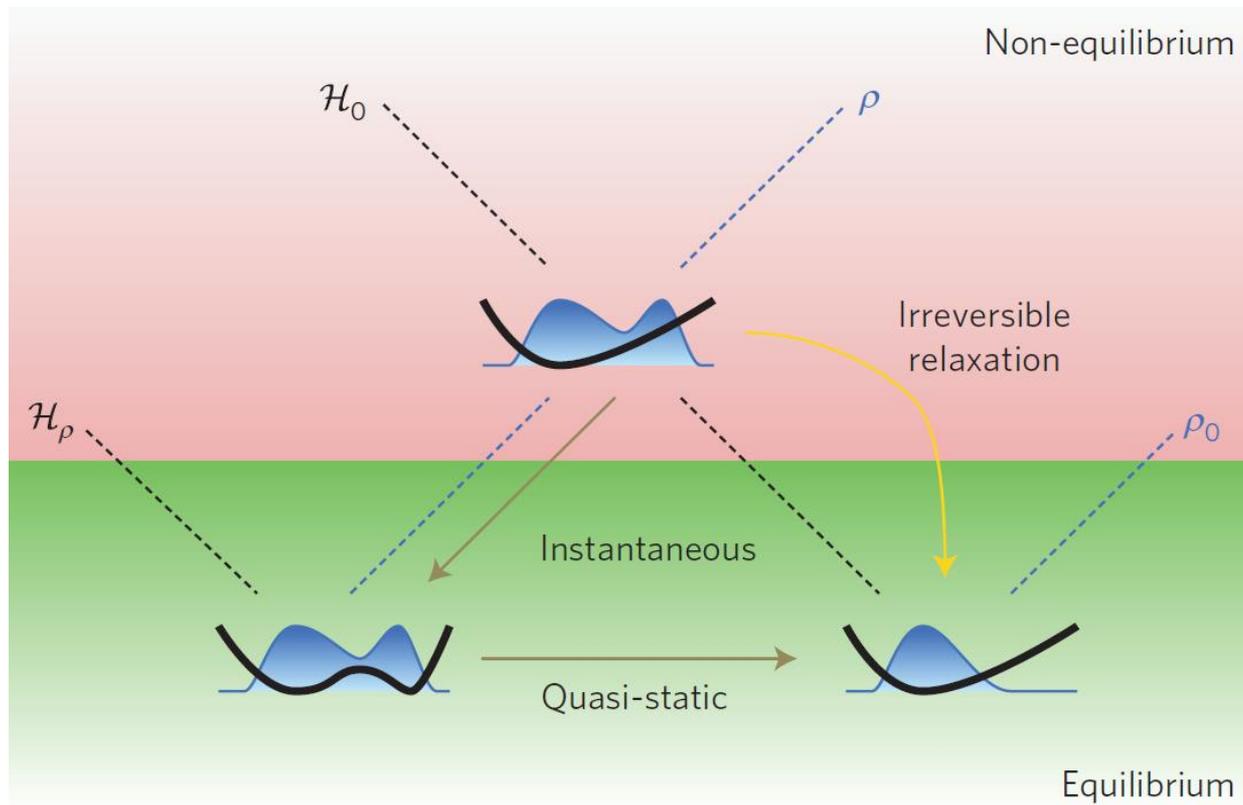
- Человек разрабатывает ментальную модель мира на основе того, что он способен воспринимать своими ограниченными органами чувств или неограниченным ресурсом способности к интеллектуальным вычислениям.
- Понимание механизма способности мозга к вычислениям является, пожалуй, самой фундаментальной задачей для современных ученых.
- Mental model of reality:
  - Образ окружающего нас мира - это всего лишь модель нашего разума.
  - Никто в своей голове не представляет себе весь мир, только избранные понятия, и отношения между символической формой знания и природной системой

What is Physical representation of numbers ???

Экспериментальные реализации: Двигатель Силарда - перегородка вставляется в коробку, содержащую одну молекулу и окруженную тепловым резервуаром.  
созданию технологии охлаждения без движущихся частей механизма



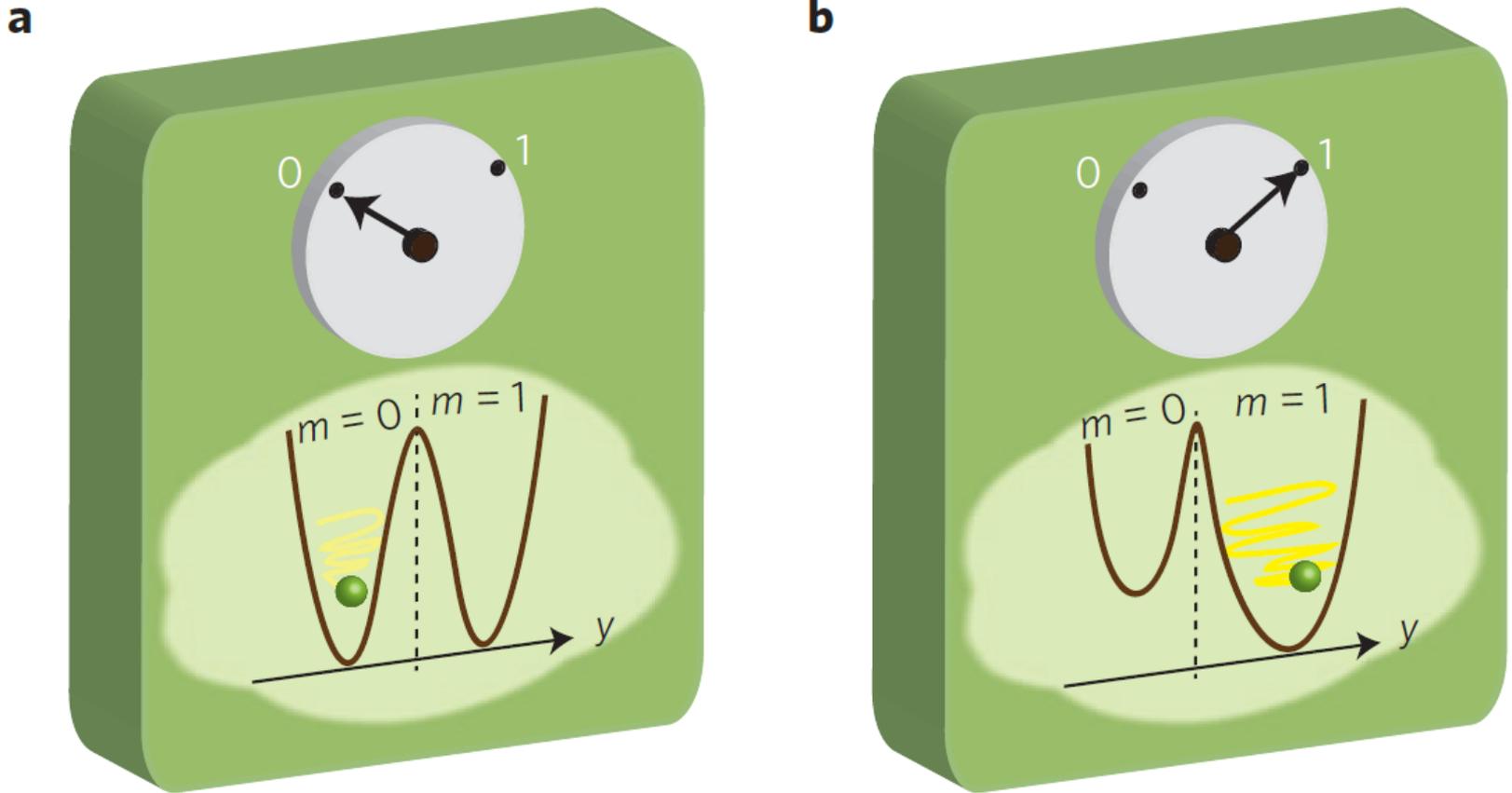
Если у вас есть 1 бит, с которым можно “поиграть”, то его энтропия пропорциональна логарифму двух, поскольку бит имеет два возможных состояния



physical meaning of the non-equilibrium free energy:  
How to drive the system from the non-equilibrium state to the equilibrium state...

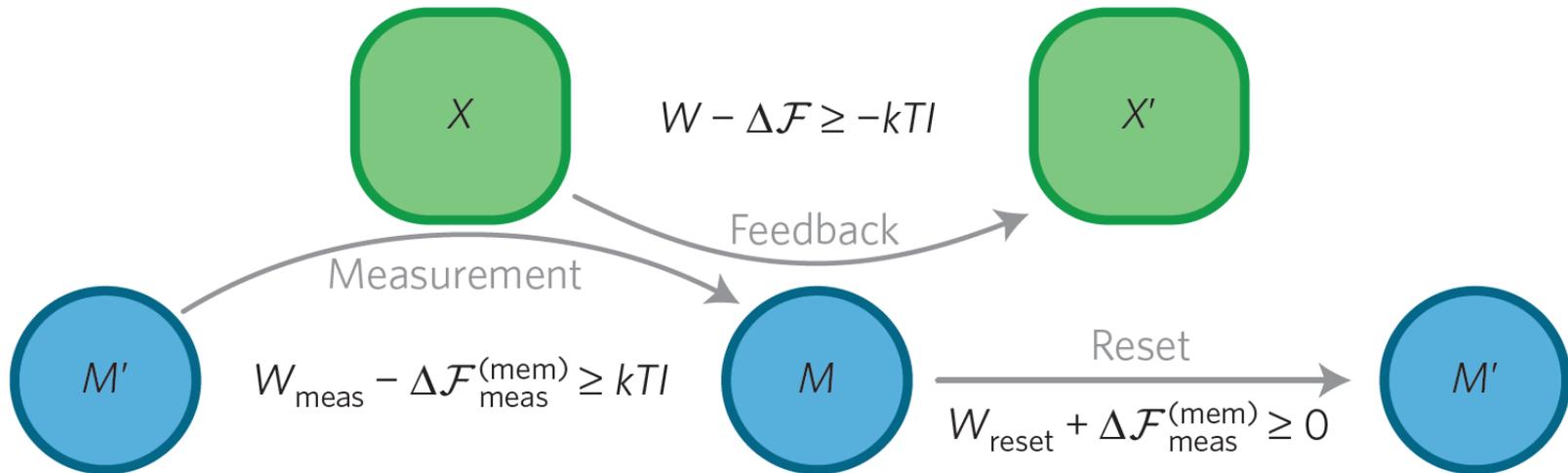
· Shannon entropy coincides with the equilibrium entropy for canonical equilibrium states

Toy model of a memory- memory can either be symmetric or asymmetric



A measurement is a thermodynamic process in which we vary the memory from  $M^0 \rightarrow M$  to develop information  $I$  about the system  $X$ .

13



**new theoretical framework:** information reservoirs, are treated on an equal footing to other thermodynamic reservoirs, such as thermal or chemical baths

- Фундаментальные вопросы об информации и термодинамике находятся в стадии обсуждения, например, совпадение термодинамической и психологической стрел времени
- Понимание субъективности энтропии проливает свет на основы общей физической теории информации
- Интересные термодинамические явления, такие как возникновение энтропийных сил, которые связаны с точностью характеристик компьютеров - один из приоритетных вызовов науки