

ВСИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

курс: Введение в профессиональную
деятельность

ЛЕКЦИЯ 8: ОТ «МЫСЛЮ – ЗНАЧИТ СУЩЕСТВУЮ» (Р. ДЕКАРТ)

К «ВЫЧИСЛЯЮ – ЗНАЧИТ ПОНИМАЮ»

30.03.2023

ЧТО БЫЛО НА ПРОШЛОЙ ЛЕКЦИИ (1)

- Осмысление природы интеллекта и попытки построения «механических» машин, работающих над тем, как «вычислить» смысл происходящих процессов, начались с работ монаха Р. Луллия XIII века (1233 – 1315).
- Для него набор истин, которые описывают реальность, представлялось конечным множеством, а все осмысленные представления о мире полагались выводимыми из некоторого упорядоченного (размеченного) множества понятий по определенным правилам (логическая машина Луллия – Ars Magna).



Это две теоремы Геделя (1931 г.) математической логики о

- принципиальных ограничениях теория, основанных на использовании правил **формальной арифметики** и как следствие, любой **формальной системы**, в которой можно определить такие арифметические понятия как:

- **натуральные числа, 0, 1, правила сложения и умножения**

Вторая теорема утверждает,

- если формальная арифметика непротиворечива, то в ней не выводима формула, содержательно доказывающая **непротиворечивость** этой арифметики

С точки зрения компьютерных наук: любой набор аксиом (машинных команд), который может, реализовать компьютер, **будет неизбежно неполным.**



Первая теорема утверждает

- если формальная арифметика непротиворечива, то в ней существует не выводимая и **неопровержимая** формула.

К любым объектам физической реальности применим фундаментальный принцип **«тождества неразличимых»**, сформулированный Г. Лейбницем



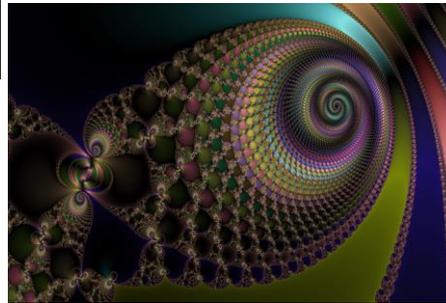
Готфрид Лейбниц

- Из этого принципа следует: **любые два неразличимых** объекта (субстанции) неизбежно **совпадут**, став тождественным объектом (субстанцией).
- Возможность различать объекты требует, что объекты являлись носителями некой **меры разнообразия** - в терминологии компьютерных наук эта мера есть **информация**



← вычислений

мышления →



Рекурсия - есть метод описания (объяснения) ситуации, когда объект (процесс) является частью самого себя:

- Либо во **времени**
- Либо в **пространстве**
- Либо и **там и там**

Механизм рекурсии лежит в основе иерархической организации всех объектов Природы:

- от наименьших наблюдаемых элементарных частиц до
- живых организмов и видимых скоплений галактик



← существования





ОТ ФИЗИЧЕСКОЙ К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ РЕКУРСИИ

quod sentimus loquamur

мы **чувствуем**, что **говорим**

quod loquimur sentiamus

мы **говорим**, то что **чувствуем**

- Основная гипотеза «интеллектуальной рекурсии», положенная в основу современного научного знания, заключается в том, что воспринимаемые/доступные органам чувств данные **«имеют как количественную меру, так и форму – in_forma_tion»**.
- Количество и форма находятся в отношении рекурсии, что позволяет **описать свойства** непрерывного разнообразия Природы, в которое погружены все существующие объекты, **как числами, так и понятиями**.
- С точки зрения современной математики, **бесконечность** может быть **«состоявшейся»** и **содержаться** в ограниченном метрическом пространстве (множестве), например, конечный отрезок $[0,1]$ содержит **несчетное число действительных чисел**.
- **Итак**, воспринимаемые человеком данные и компьютерные числа, которые могут кодировать эти данные, образуют в четырехмерном физическом пространстве-времени **$R^3 \times T^1$ фрактальную функцию (оператор)**

- Координатизация — это логическая целостное множество понятий, которое выступает носителем **некоторой сигнатуры** алгебраической системы (набора операций и отношений) — основы математизации научного знания. (**вспоминаем теоремы Геделя**)
- Элементы такой алгебраической системы можно индексировать (различать), используя два «математических» подхода
 - формализм метрического пространства, как множества, в котором определены такие понятия как «числа», «длины», отношения «больше/меньше» и арифметические операции «сложения/умножения»
 - формализм топологического пространства, как множества, в котором определено понятие окрестности каждого элемента и свойства открытости, замкнутости, границы, непрерывности, связности и др.
- В итоге, любая математическая конструкция, например,
 - система координат, число «три» или группа гомологий имеет такую же «физическая сущность», как и «электрон», «масса», «сила» и пр.

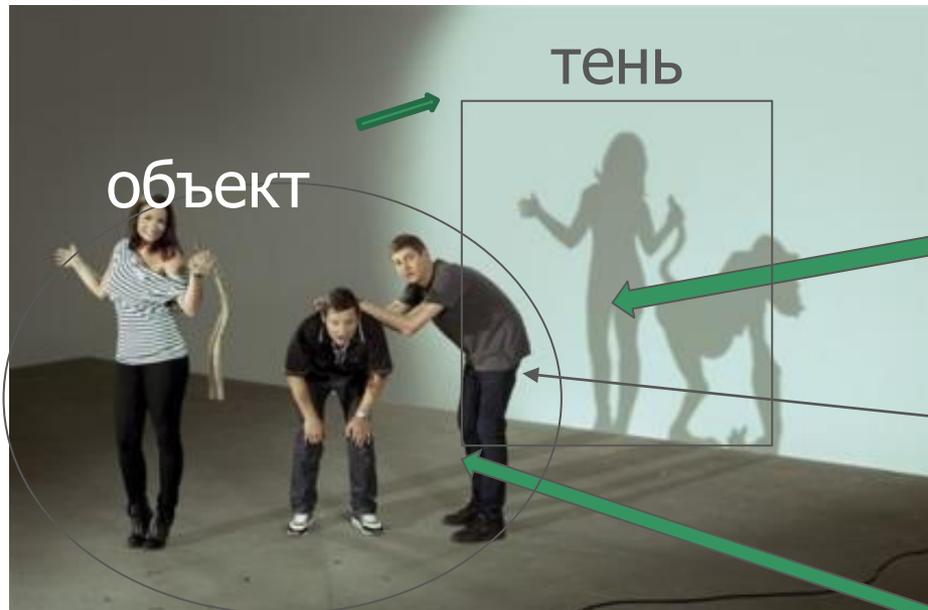
Математика не более, чем способ индексирования «различаемых» **в каком либо смысле** данных наблюдений, но при этом сам способ описания различий может быть произвольный. **Компьютерные технологии лишь «кодируют» и «масштабируют» эти различия.** (теорема Левингейма-Скулема: Любая бесконечная структура с конечной сигнатурой содержит (кодирует) счетную элементарную подструктуру)

- **Итак:** компьютерная арифметика бинарна, а точность представления чисел конечна. Объяснительные же возможности современной математики используют такие понятия, как открытое множество, бесконечность, непрерывность и пр.
- *Бесконечность* – это метрическое свойство множества, согласно которому возможно передвигаться как угодно далеко, оставаясь внутри множества.
- 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 - **Евклидова плоскость**. **Для** топологических характеристик множеств можно применять понятия, характеризующие их свойства как
 - замкнутое** (метрический признак «конечное»)
 - «открытое»** (метрический признак «бесконечное»),



ПОЛИТЕХ

«СИМВОЛЫ» И «АЛГЕБРЫ»: ЗА И ПРОТИВ ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАЛЬНОСТИ



Символы (числа ?)



граница

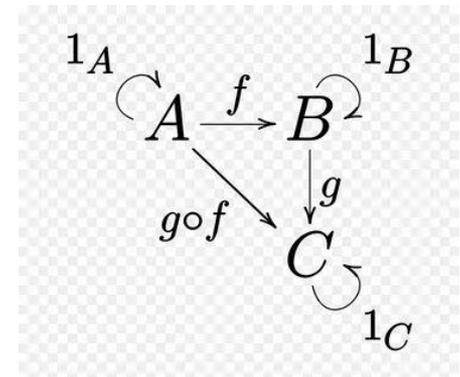
В науке известна физическая **невыхислимость** (необратимость) «прошлых» состояний термодинамических процессов, но **полная обратимость** во времени и изотропность в пространстве **фундаментальных законов.....**

Физические объекты (процессы)

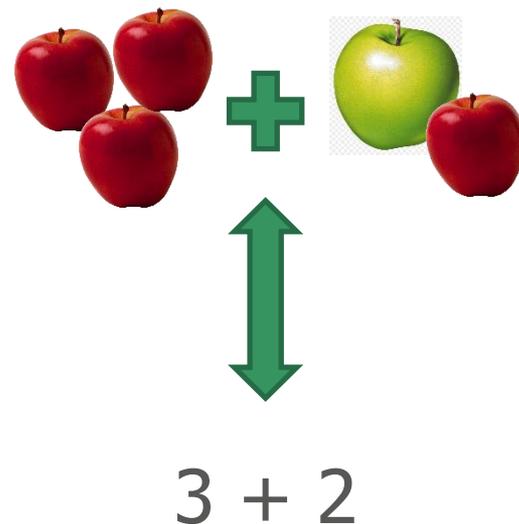
До сих пор нет ясности какие математические описания адекватны свойствам физической реальности.

- Алгебраическая система – упорядоченная тройка $\langle A, F, P \rangle$, где
 - A – произвольное множество,
 - F – набор операций над элементами A ,
 - P – набор предикатов (предикат - любое математическое высказывание, в котором есть по меньшей мере одна переменная) над элементами A .
- Операция на A это $f: A \rightarrow A$
- Предикат на A это $f: A \rightarrow B$, где B – произвольное множество мощности 2.

- Морфизм - это отображение одной математической структуры в другую структуру, того же типа, сохраняющее исходную структуру
- **Гомоморфизма** — это отображение алгебраических систем, которое сохраняет основные операции и соотношения.
- $f: G \rightarrow H, (g, h) \in G \times H: f \circ g = h \circ f$
- Гомоморфизм в общем смысле- это **любые преобразования выполняемые над объектом** которые могут быть перенесены на модель , а результаты полученные с использованием модели совпадают с преобразованиями, которые могут быть выполнены на самом объекте.
- Гомоморфизм позволяет **перейти от избыточного описания объекта** к эквивалентному и упрощённому описания, адекватному **цели** преобразования.



- Изоморфизм — симметричный гомоморфизм «в обе стороны».
 - Очевидно, что два изоморфных множества — **тождественно эквивалентны**
- В зависимости от вида преобразования, которая может иметь или не иметь предикат истинности, **одна и та же пара множеств может быть изоморфна в одном случае и лишь только гомоморфна в другом**. Все зависит от выбора предикатов алгебраической системы.
- Форма и структура предикатов определена целевой функцией задачи.
- **Автоморфизм** — изоморфное отображение множества, в само себя.



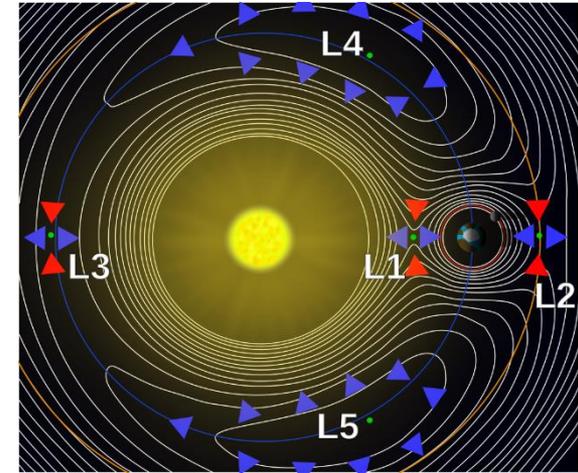
$$\mathbb{R}^2 \equiv \mathbb{C}$$

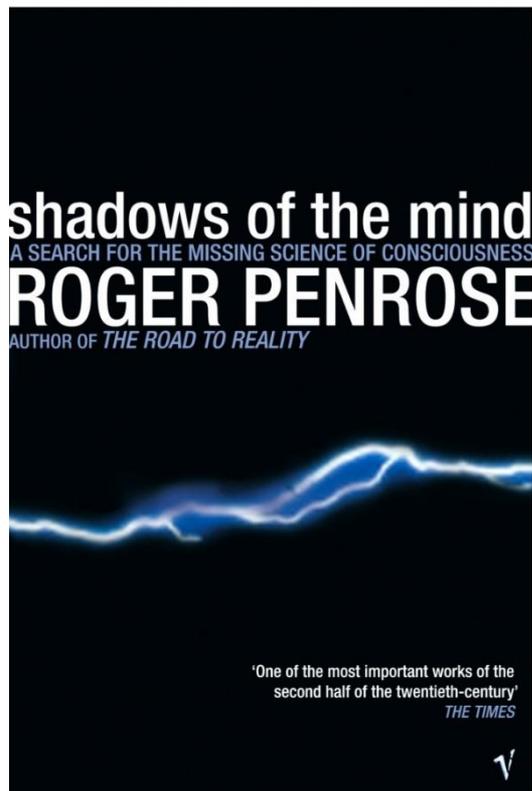
Задача. пусть есть некое отношение эквивалентности φ , которое **делит** множество A на классы эквивалентности.

Отношение A/φ **будет** фактор-множеством – множеством, состоящим из классов эквивалентности.

Тогда если $f \circ \varphi = \varphi \circ f$, то отображение A на A/φ с оператором f будет гомоморфизмом.

- Примеры множеств и фактор-множеств
 - арифметика ($1+3=3$)
 - модульная арифметика, ($13 \bmod 12=1$)





В чем принципиальная разница между "обработкой" чисел и обработкой информации с помощью сознания?

quod sentimus loquamur

мы **чувствуем**, что **говорим**

quod loquimur sentiamus

мы **представляем** о чем **говорим**

математика и компьютерные науки тесно связаны с передним краем физических исследований

Р. Пенроуз

ВЫЧИСЛЕНИЯ – это работа с числами

СОЗНАНИЕ – это обработка информации

"Infinitum Actu Non Datur"

Aristotle.

...невозможно существование логических или математических (т.е. всего лишь мыслимых) актуально-бесконечных объектов

- Воспринимаемый мир континуален (бесконечен), но человек может получить доступ лишь к гомоморфному образу мира (пространству понятий).
- Человека в объяснении реальности ограничивает точность измерительных приборов, ошибки вычислений и ограниченность органов чувств.
- На основе воспринимаемого через понятия **образа реальности**, можно построить **изоморфное ему абстрактное представление**, которое однако оно не будет **изоморфно реальной действительности**.
- Основной вопрос : могут ли описания, полученные с помощью человеческого языка, и свойств реального мира, быть изоморфны.

Числа – символы. Слова символы. Можно ли построить систему искусственного интеллекта ? Пока используется 2 основных подхода (ИИ):

1. **машинное обучение** (обучение на основе данных, например, научиться отличать кошек от собак, просматривая пиксели множества помеченных фотографий)
2. **символьный ИИ** / логические рассуждения / компьютерная алгебра (например, преобразование уравнения $2y=x$ в $y=0.5x$).

Очевидно, что человеческий интеллект использует оба эти подхода. Одного из них было бы недостаточно для объяснения тех возможностей интеллекта, который продемонстрируют люди.

- **Статистическое машинное обучение** - нейронных сетей
- Символический ИИ - а алгебраические манипуляции с "числами" и логическими переменными

Фундаментальный вопрос в том, как объединить №1 и №2?

нет трудных задач, а есть задачи, которые
трудны для определенного уровня понимания
того, как использовать полученные результаты

.....

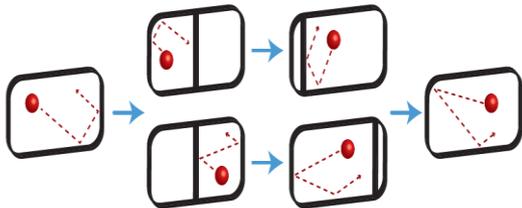
- Интеллектуальные вычисления способны манипулировать физическими сущностями как абстрактными символами
- "Входы" систем интеллектуальных вычислений представляются в виде физических сущностей (действия), а выход может быть либо в виде абстрактного символа, либо в виде физического действия или обоих этих состояниях одновременно.
- Вычислительная теория интеллекта должна использовать специфический язык, описывающий процесс уменьшения энтропии среды посредством процесса «вычисления» объяснения происходящих в этой среде процессов.



- Человек создает локальную **ментальную модель мира** на основе того, что он способен **воспринимать своими ограниченными органами чувств** и описать множеством понятий, которые образуют его локальный тезаурус.
- Понимание механизма того, как мозг вычислять «смысл» происходящих явлений (ситуаций) является фундаментальной задачей современных компьютерных наук.
- Однако, ментальная модель физической реальности это лишь
 - образ окружающего мира - всего лишь модель «разума».
 - в сознание одного человека не вложить весь мир, а только избранные понятия
 - отношения между символической формой знания и физической природой носит гомоморфный характер

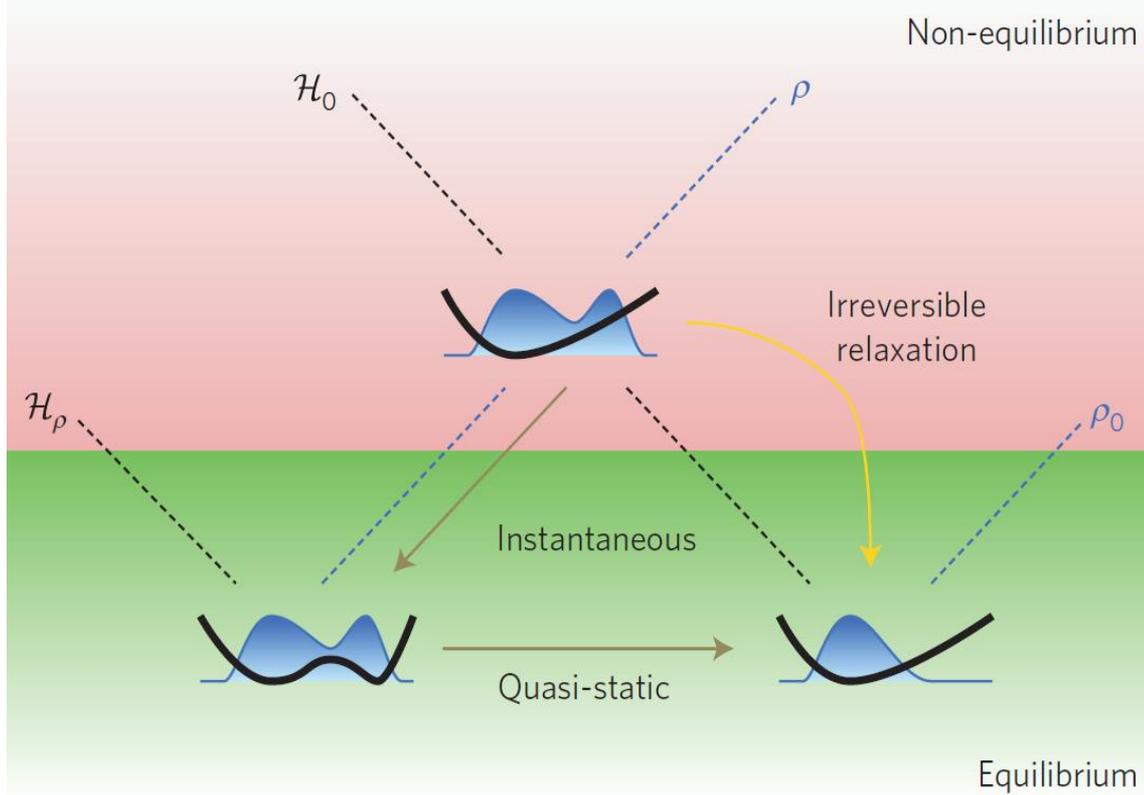
Двигатель Силарда (Szilárd Leó) - перегородка вставляется в коробку, содержащую одну молекулу и окруженную тепловым резервуаром - технология охлаждения без движущихся частей механизма. позволяет пролетать быстрым молекулам горячего газа только в одном направлении, а медленным молекулам холодного газа — только другом.

a



энтропия пропорциональна **логарифму числа два**, поскольку бит имеет два возможных состояния. Итак: информацию о свойствах системы можно конвертировать в работу, сохраняя при этом полную энтропию системы.

- если наблюдатель знает, в какой половине резервуара находится молекула в данный момент, то он может поставить посередине сосуда перегородку, закрывающую пустую половину, а затем убрать перегородку и дать газу расшириться до прежнего объема.
- газ совершит работу, равную $W_1 = k \cdot T \cdot \ln 2$, где k — постоянная Больцмана, а T — температура, но информация о положении частицы «потеряется».



физический смысл
неравновесной свободной энергии:

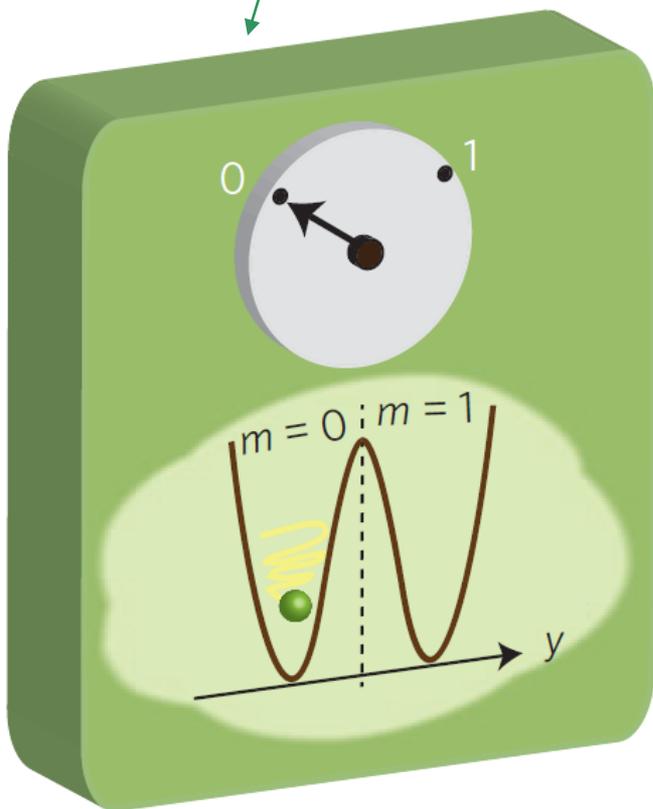
- Затраты энергии на перевод системы из неравновесного состояния в равновесное...

энтропия Шеннона совпадает с энтропией равновесия для канонических равновесных состояний

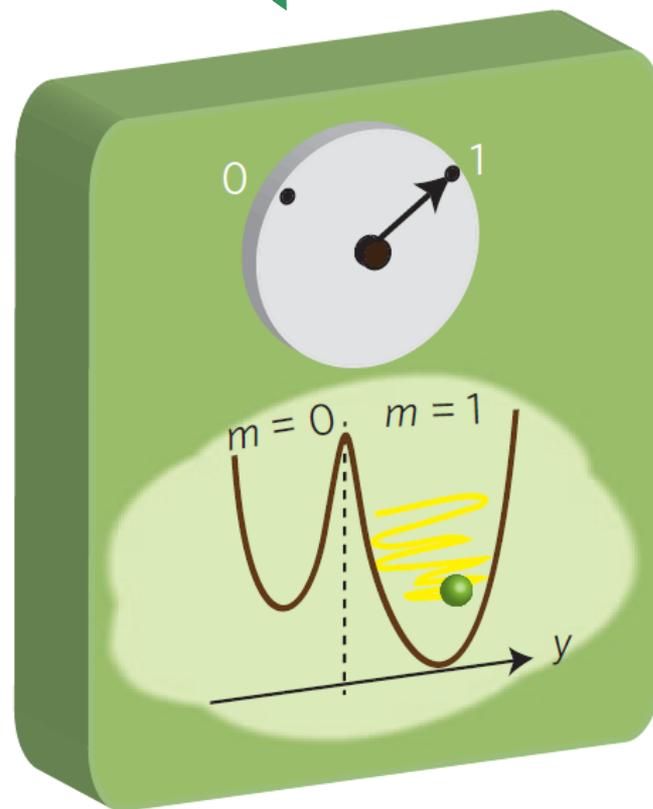
Компьютерная система – пример системы находящейся в состоянии **устойчивого неравновесия**

как симметричная, так и асимметричная физическая система

a

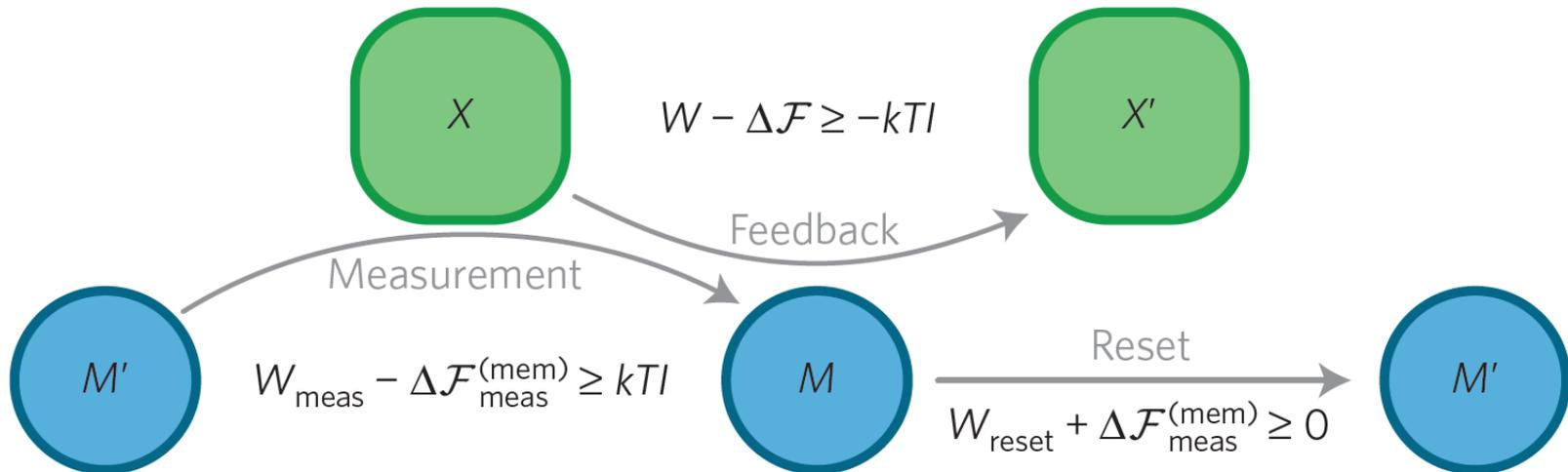


b



теоретическая основа:

рассмотрение информационных резервуаров или памяти



как сущностей, входящих в физическое описание состояния сложных вычислительных систем, по аналогии с накопителями тепловой энергии термодинамике.

- Фундаментальные вопросы организации вычислений находятся в стадии интенсивных разработок, в частности, архитектуры систем, способных к манипуляции с семантической информацией
- Понимание субъективности смыслового контента как основы общей теории преобразования информации при условии сохранения ее семантического содержания
- Рассмотрение вычислений как процессов, вызванных воздействием «информационных» сил, носителями которых являются тексты программ, является одним из приоритетов развития компьютерных наук