



Санкт-Петербургский
Государственный
Политехнический
Университет

Институт прикладной
математики и механики

КАФЕДРА ТЕЛЕМАТИКА

Семинар по специальности на английском языке (Workshop in English)

тема

Phenomenological aspects of computation:
from thermodynamics to theoretical
framework of computation physics and
computational theory of mind

занятие 6

9 марта
2022 г.

- Phenomenological aspects - Феноменологические (понимание, или создание смысла) аспекты
- Theoretical framework - Теоретическая база (основа, рамка)
- Computational theory of mind - Вычислительная теория разума
 - object of research - объект исследования
 - subject of study – предмет изучения

Что было на прошлой лекции ?

Where to look for the origin of natural computation ?

3

- Компьютерное моделирование процессов с использованием различных вычислительных технологий «маскирует» **ключевые аспекты физических явлений**, нарушая презумпцию их **непрерывности** – основу физико-математического «языка» современных **научных знаний**, включая facts (descriptive knowledge), skills (procedural knowledge), or **objects (natural knowledge) contributing to ones understanding**.
- В итоге способность к вычислениям выступает как complement научных знаний, который **ЛОГИЧЕСКИ СЛЕДУЮТ** из теоретической модели рассматриваемых явлений:
 - «...тем хуже для фактов, если они не укладываются в теорию»

М. Планк
- С точки зрения компьютерных наук любая сущность может быть материализована, если она вычислима, т.е. мыслима (is computable, i.e. thinkable or imaginable) Однако, такие проблемы как
 - сложность $N=?$ NP вычислений (конечное/счетное количество операций)
 - принцип относительности; отсутствие «точной позиции» квант. частицы
 - модальность логических законовприводит к проблемам с «объективностью» вычисленных результатов и необходимости учета тождества неразличимых предметов Лейбница, что **making it difficult to present new knowledge in the form of programs**

Thermodynamics – study of effects of work, heat, energy on a system, and is only concerned with large scale observation.

Zero Law: thermodynamic equilibrium and temperature {a & b} =>c, a=>b

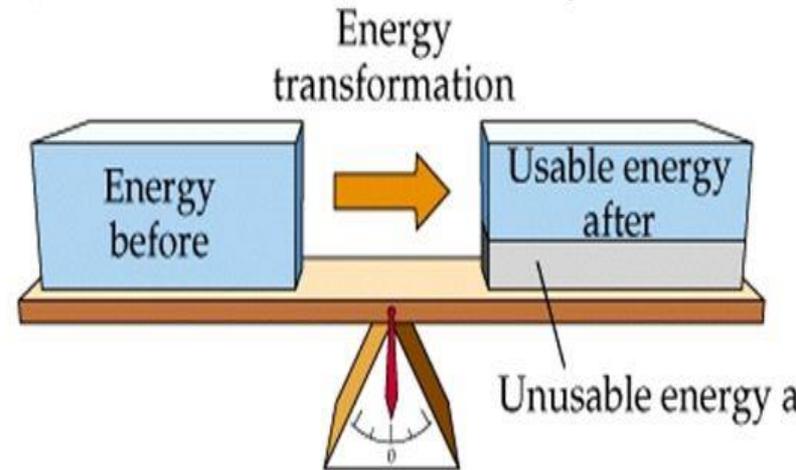
First Law: work, heat, and energy – in an equilibrium state possesses variable called the internal energy (E). The change in E is equal to the heat transfer into the system and work done by the system / $\Delta E=Q+W$.

Second Law: S or entropy= dQ/T , when energy is transformed, the quantity of energy remains the same, but its ability to do work diminishes, no engine can have thermal efficiency 100%

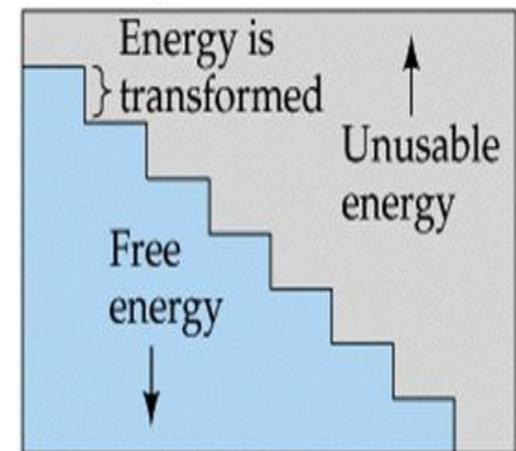
Third Law: entropy=0, if all modes of motion stops at $T=0K$, that can't be reached

$$S=k \cdot \ln W = k \cdot \ln 1 = 0$$

(b) The Second Law of Thermodynamics



Closed system



Суть фразы заключена в сентенции «Computo ergo sum» - существует то, что можно вычислить.

Вычисления обладают свойством интенциональности. Это свойство – **инвариант** исследуемого феномена вычислений. Поэтому механизм процессов «вычислений» (предмет) не зависит от того, **существует ли или нет** в данный момент то, **что вычисляется (объект вычислений)** .

Интенциональность - суть направленность на «что-то»...В основе «направленности» лежит феномен понимания, который проявляется одинаково независимо от того «понимаем» ли мы реальный предмет, ясно мыслимы или вымышленный..

В результате все особенности (механизмы) вычислений не зависят от объекта, т.е. неважно «объект» это

- атрибут реального объекта,
- параметры модели
- воображаемое

Просил прочитать и постараться понять

6

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика»

Ю. А. ГАСТЕВ

ГОМОМОРФИЗМЫ И МОДЕЛИ

Логико-алгебраические аспекты
моделирования

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва 1975



Под **интуицией** я подразумеваю **понимание**, настолько отчетливое, что не остается никакого сомнения относительно того, что мы разумеем.

Р. Декарт
(1596 – 1650)

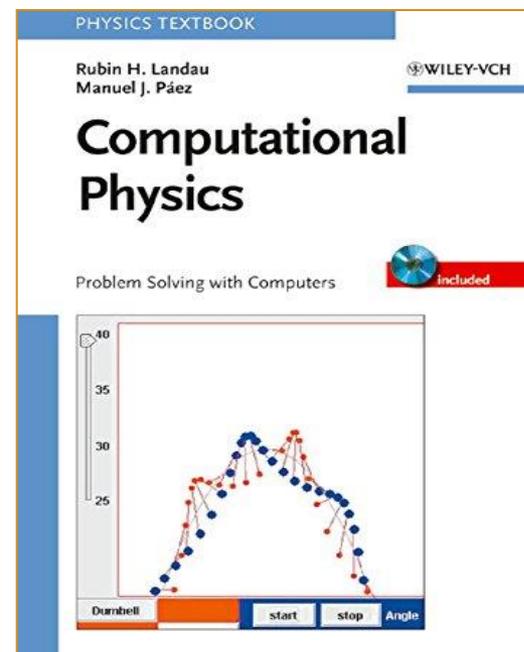
By **understanding**, I mean forming a physical picture that **intuitively** feels perfectly clear.

Р. Фейнман
(1918-1988)

1. Is Mind fundamentally a computational phenomenon? What "number" structures are involved in these calculations
2. Why Mind can not control by calculation the transition from an ensemble of molecules to an ensemble of organisms? How the mind solves problems of combinatorial and NP (non-deterministic polynomial) complexity.
3. Whether the phenomenon of life is a necessary condition for the appearance of Mind

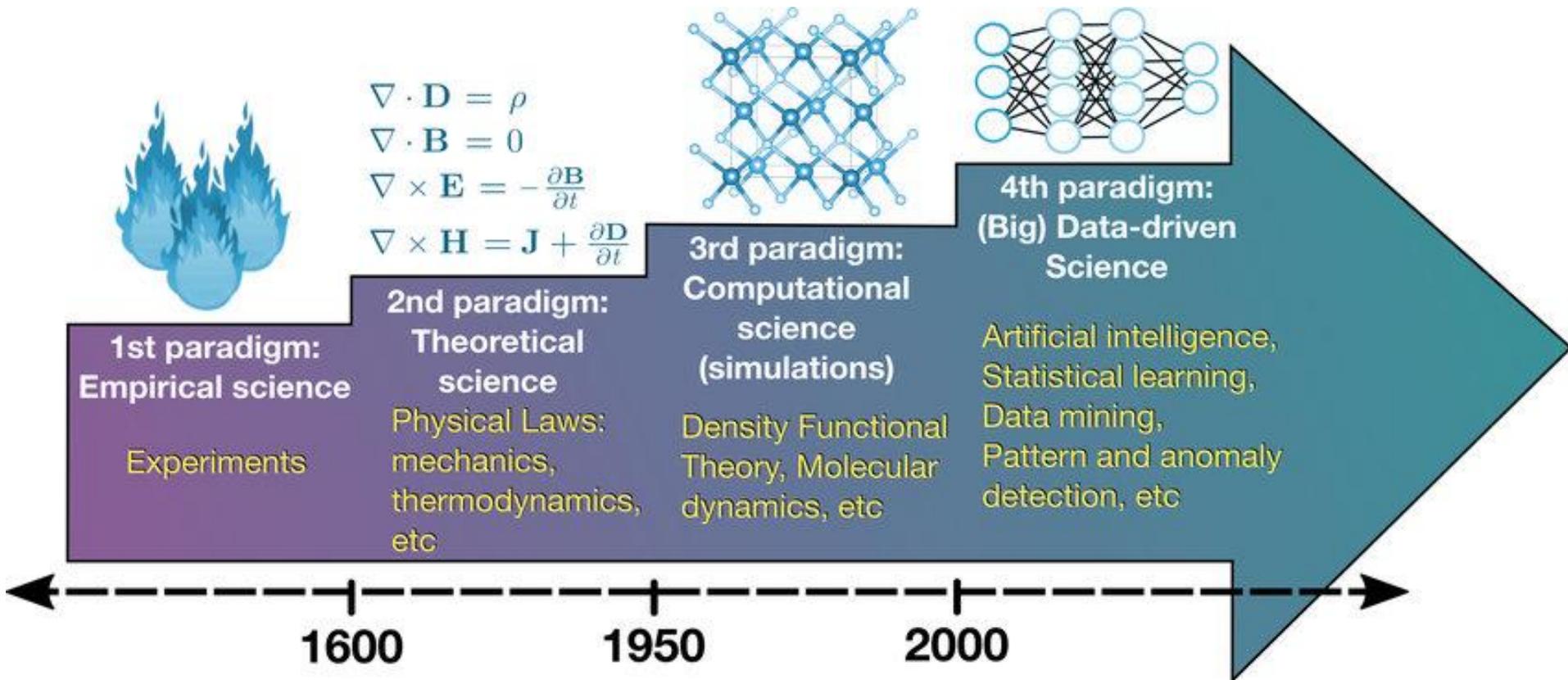
Key question:

Is Mind fifth fundamental force of Nature?



и ... может ли Человек, овладев **пятым фундаментальным взаимодействием**, понять суть всех «механизмов» Природы , а затем **создать свою новую виртуальную Вселенную** ?

Парадигмы развития науки

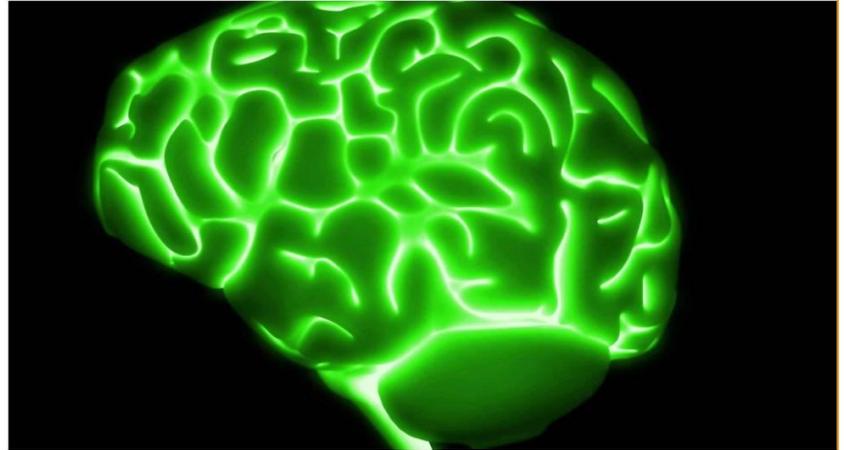


What is Current version of Theory of Mind

@lphascript publishing

Computational Theory of Mind

In philosophy, the computational theory of mind is the view that the human mind ought to be conceived as an information processing system and that thought is a form of computation. The theory was proposed in its modern form by Hilary Putnam in 1961 and developed by Jerry Fodor in the 60s and 70s. This view is common in modern cognitive psychology and is presumed by theorists of evolutionary psychology. The computational theory of mind is a philosophical concept that the mind functions as a computer or symbol manipulator. The theory is that the mind computes input from the natural world to create outputs in the form of further mental or physical states. A computation is the process of taking input and following a step by step algorithm to get a specific output. The computational theory of mind claims that there are certain aspects of the mind that follow step by step processes to compute representations of the world, however this theory does not claim that computation is sufficient for thought.



Frederic P. Miller, Agnes F. Vandome, John
McBrewster (Ed.)

Computational Theory of Mind

Philosophy of mind, Mind, Information processing system,
Thought, Computation, Hilary Putnam, Jerry
Fodor, Cognitive psychology



9 786130 886066 978-613-0-88606-6

Computational Theory of Mind



The are no **hard computational problems for Living systems**, but only problems that are hard to certain level of there **intelligence**and **Mind**

- What is level of intelligence ? (способность формулировать прикладные задачи в классе полиномиальных алгоритмов, решаемых в режиме реального времени)
- Why intelligence inspired (requested) computing ? (вычисления – это манипуляция не с физическими сущностями энергия и вещество, а с абстрактными символами)
- What is Mind itself ? (выбор класса задач, для которых возможно применение полиномиальных алгоритмов)
- What is hard problem in computation sense ? (это отсутствие изоморфизма задачи и полиномиального алгоритма)

Вопрос: что важнее для математики – объект или операции с ним ?
Давно замечено, что **аналоги** обычных арифметических операций имеются далеко **за пределами числовых систем**, т.е. **умножать и складывать** можно

как многочлены, матрицы, ...

так и выпуклые тела и пр. объекты реального мира.

Абстрагирование от числовой специфики облегчает «алгебраизацию» природных явлений, носителями которых может быть:

поле действительных или комплексных чисел, которые являются «единственными конечномерными действительными ассоциативно-коммутативными алгебрами без делителей нуля»;
тело кватернионов, которые являются единственной конечномерной ассоциативной, но не коммутативной алгеброй без делителей нуля....

Использование свойств этих абстракций позволяет не допускать **нелепых обобщений** и **выбирать «правильные инструменты» для решения прикладных задач**

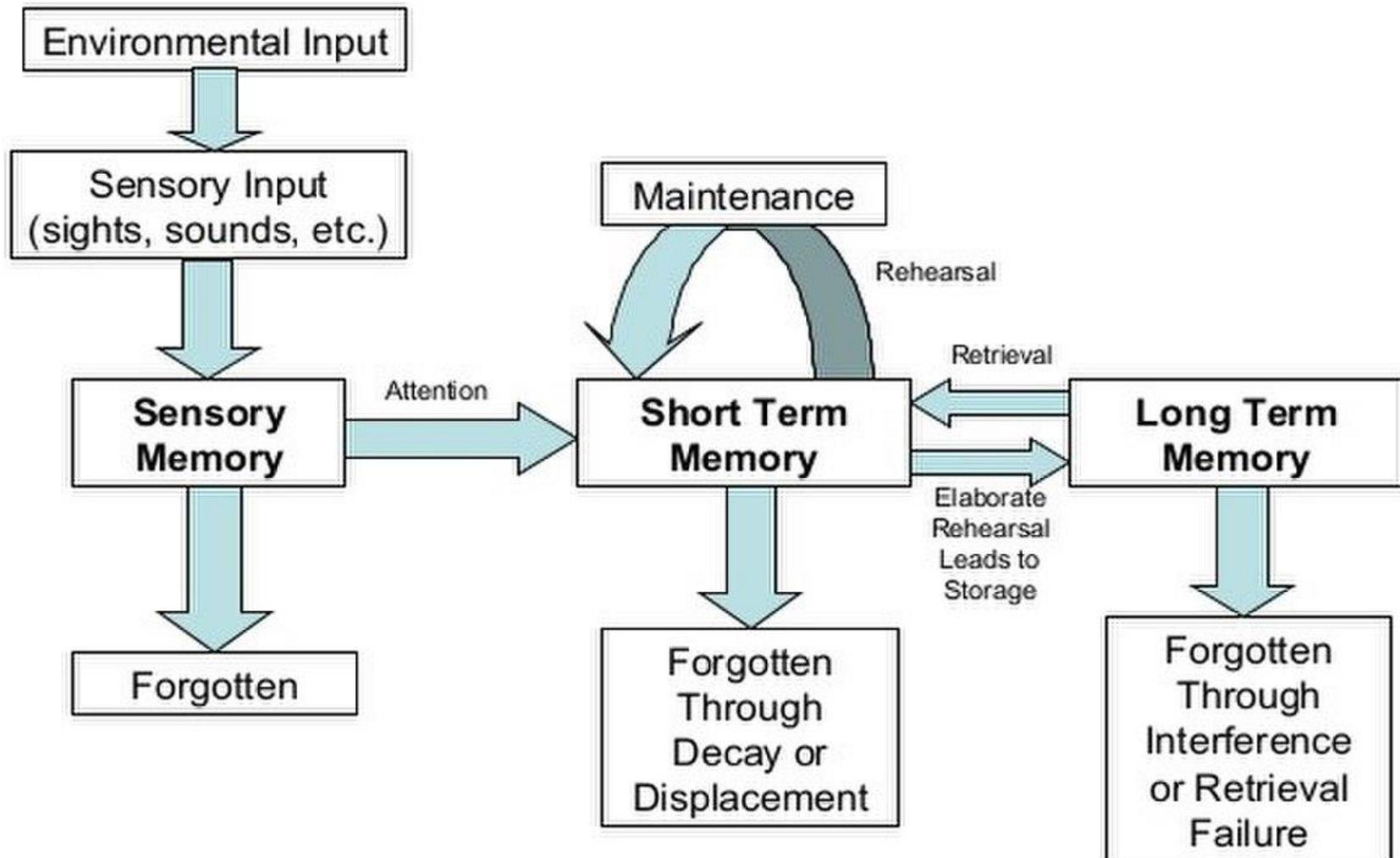


"Are thinking and referring identical with computational states of the brain?"

Hilary Putnam

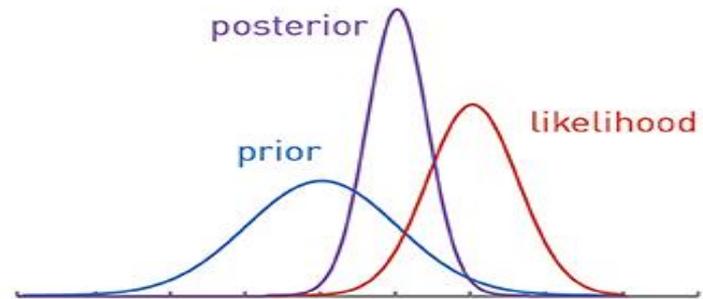


Multi Store Model - Atkinson & Shiffrin



A Bayes' Theorem

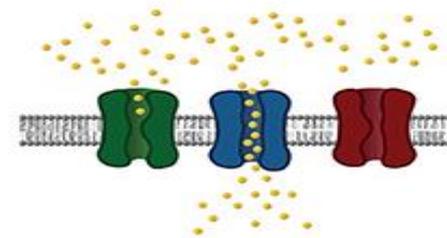
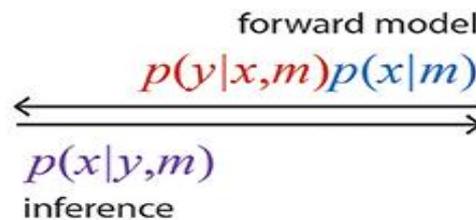
$$p(x|y,m) = \frac{p(y|x,m)p(x|m)}{p(y|m)}$$



B Generative models as computational assays

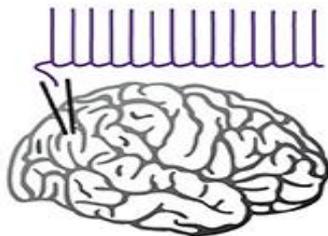


measurement y

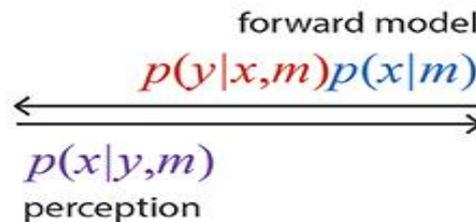


hidden system state x

C Perception as the inversion of a generative model



neuronal activity y



environmental state x

Question 1. Example : visual perception

Consider a direct problem: light from a source whose intensity is unknown and variable falls on a certain surface, the reflectivity of which must be estimated (dark, gray, light). The only course of action available to a subject receiving light is to try to estimate 1) the intensity of the incident light and 2) the reflectance of the light entering the measurement device (eye or camera). **The essence** of the process of distinguishing between dark and light surfaces under the influence of potentially variable lighting is the constant calculation of the intensity and reflectance. In particular, this calculation consists of estimating (according to a certain algorithm) a real number (in a certain form) characterizing the measured amount of light. **In this number**, the intensity of the source and the reflection coefficient of the surface are mixed **in a multiplicative form**, and in order to estimate these numbers already, the Mind must be able to solve an **inverse NP-hard task**, namely factorization.

Рассмотрим прямую задачу: свет от источника, интенсивность которого неизвестна и переменна, падает на некоторую поверхность, отражательную способность которой необходимо оценить (темная, серая, светлая). Единственный способ действий, доступный воспринимающему свет субъекту, — попытаться оценить 1) интенсивность падающего света и 2) коэффициент отражения света, попадающего в измерительное устройство (глаз или камеру). Суть процесса различения темных и светлых поверхностей под воздействием потенциально переменного освещения заключается в постоянном расчете интенсивности и коэффициента отражения. В частности, этот расчет состоит из оценки (по определенному алгоритму) действительного числа (в определенной форме), характеризующего измеренное количество света. В этом числе в мультипликативной форме смешаны интенсивность источника и коэффициент отражения поверхности, и для оценки уже этих чисел Разум должен уметь решать обратную НП-сложную задачу, а именно факторизацию.

All perceptual tasks can be given explicit computational formulations.

Just as perception, as part of the Mind, inherently uses calculations, so any mechanical action or movement of a **subject endowed with perception** also requires calculations. As an example, consider a problem that a cat "solves" by jumping on a table. This task is to correctly estimate the magnitude of the impulse that the cat must first calculate and then transmit to itself. This impulse should allow the cat to reach the near edge of the table, but not send the cat across the table. A cat landing on a table indicates that its brain has successfully performed a series of arithmetic operations on quantities that do not necessarily represent the acceleration due to gravity, the mass of the cat, the size of the cat and the surface of the table, and their relative positions. These two examples point to *a fundamental conclusion: no matter what the nature of the phenomenon of Mind, in this phenomenon, computation is indeed necessary and clearly present, in other words. Thinking can be of a different nature, but in any case it is realized in the form of a calculation.*

Точно так же, как восприятие, как часть Мышления, по своей сути использует вычисления, так и любое механическое действие или движение субъекта, наделенного восприятием, тоже требует вычислений.

В качестве примера рассмотрим задачу, которую **"решает" кошка, запрыгнувшая на стол**. Эта задача состоит в правильной оценке величины импульса, который кошка должна вначале рассчитать, а затем передать самой себе. Этот импульс должен позволить кошке достичь ближнего края стола, но не отправить кошку через стол. Приземление кошки на стол указывает на то, что ее мозг успешно выполнил серию арифметических операций над величинами, представляющими не обязательно в явном виде ускорение свободного падения, массу кошки, размеры кошки и поверхности стола, а также их относительное положение.

Эти два примера указывают на **фундаментальный вывод**: независимо от того какова природа феномена Мышления, в этом феномене вычисления действительно необходимы и явно присутствует, другими словами. Мышление может иметь различную природу, но в любом случае реализуется в форме вычисления.

Computation is a process that implements a mapping between some **symbolic structures** (domains). The implemented mapping can take the form of a **function**, **operator**, **relationship**.

And the symbolic structure themselves may be

- **numbers**: $3 + 2$ equals 5, or may not, for example
- intersection of **sets**, for example, $\{c; e; k\}$ and $\{a; d; b; e; j\}$, which is not empty,
- unite the **concepts (category, ontology)** of cat, raccoon and deer into the class mammals
- or **process of convergence** described by the equation
$$d^2x/dt^2 = m*(1 - x^2)dx/dt + x = 0$$

These are all examples of computation

Вычисление — это процесс, который реализует отображение между некоторыми символическими структурами (доменами). Реализуемое отображение может принимать форму функции, оператора или, в более общем смысле, отношения. При этом сами символы могут быть или не быть числами: например $3 + 2$ равно 5, пересечением множеств, например, $\{c; e; k\}$ и $\{a; d; b; e; j\}$, которое не пусто, объединением понятий кошка, енот и олень в класс млекопитающиеся или сходимостью к предельному циклу системы, которая описывается уравнением
$$d^2x/dt^2 = m*(1 - x^2)dx/dt + x = 0$$
все это примеры процессов вычислений

If the dynamics of the system (preservation of the dynamic integrity of the system) can be interpreted (by another process) as the establishment of an appropriate type of mapping... then this process is the calculation providing by system itself.

So, it is possible for quite different systems **to be computing the same thing**.

For example, an electrical circuit consisting of an inductor and a capacitor computes the same function of time as a brick suspended from a spring provided that the charge held by the capacitor is interpreted as representing the brick's position, or vice

versa. Under this definition, a stone rolling down a hillside computes its position and velocity in exactly the same sense that notebook computes the position and the velocity of the mouse cursor on the screen (they just to be instantiating different symbolic mappings). More over Universe in its entirety also instantiates a computation, but ... all results goes to waste for the lack of any process external to it that would make sense of what Universe is up to do.

если динамика системы может быть интерпретирована (с помощью другого процесса) как установление соответствующего вида отображения. Вполне возможно, что совершенно разные системы будут вычислять одно и то же. Например, электрическая цепь, состоящая из катушки индуктивности и конденсатора, вычисляет ту же функцию времени, что и кирпич, подвешенный на пружине, при условии, что заряд, удерживаемый конденсатором, интерпретируется как как представление положения кирпича, или наоборот.

Any physical system calculates everything that can be experimentally measured and then logically related to known properties of this system. However, such a definition does not take into account the factor of accuracy and complexity of calculations.

Thus, by obtaining a tomographic picture of the brain state, one can try to establish a detailed correspondence between its structure and all components involved in the process of changing its state, including components of the external environment, for example, some subset of oxygen molecules .

любая физическая система вычисляет все то, что можно экспериментально измерить, а затем логически связать с известными свойствами этой системы. Однако, в таком определении не учитывается фактор точности и сложности вычислений. Так, получив томографический снимок состояния мозга, можно попытаться установить детальное соответствие между его структурой и всеми компонентами, участвующими в процессе изменения его состояния, включая компоненты внешней среды, например, некоторое подмножество молекул кислорода.

The combinatorial complexity of the Universe ensures that step by step strong dynamic representation of one system by another is a rarity. The probability of brain state and the state of the molecule ensemble just singled out remaining in strict correspondence as the dynamics of these two systems changes over time is vanishing. Thus, our foundational construal of computation does not entail complete freedom of attributing computations to any physical systems, because for such computation features to persist over time, the system in question and its computational model (description) must undergo the same series of transitions between the corresponding and well defined states. From the engineering point of view system must have specific component namely RAM

Комбинаторная сложность Вселенная гарантирует, что пошаговое строгое динамическое представление одной системы другой - большая редкость. Вероятность того, что состояние мозга и состояние только что выделенного ансамбля молекул остаются в строгом соответствии по мере того, как динамика этих двух систем меняется со временем, исчезающе мала. Таким образом, наше основополагающая Концепция вычислений не влечет за собой полной свободы приписывания вычислений любым физическим системам, поскольку для того, чтобы такие особенности вычислений сохранялись во времени, рассматриваемая система и ее вычислительная модель (описание) должны претерпевать одинаковые серии переходов между соответствующими и четко определенными состояниями. С инженерной точки зрения система должна иметь специфический компонент, а именно оперативную память.

Such dynamical mimicry one of features of Living systems that are constantly under pressure to represent aspects of the world that are relevant to their survival.

Some Living systems do it by evolving structure and components of their own natural computational devices that specialize in tracking the state of external and internal dynamic environment, with the ultimate goal of prediction survival conditions .

Computational devices for Living system are their brains.

Подобная динамическая мимикрия является одной из особенностей живых систем, которые постоянно находятся под давлением, чтобы представлять аспекты мира, которые имеют отношение к их выживанию. Некоторые живые системы делают это, развивая структуру и компоненты своих собственных естественных вычислительных устройств, которые специализируются на отслеживании состояния внешней и внутренней динамической среды, с конечной целью прогнозирования условий выживания. Вычислительные устройства живых систем - это их мозг.

Абстрагирование – путь от физических процессов к вычислениям

Понятие «абстрактное натуральное число» – для всех стало банальностью....неким очевидным «кирпичиком» **описания физической реальности**,....но есть и другие абстракции, например, «мнимая единица», многим не ясно, что это

- **фикция**, не имеющая физического аналога,
- **особая точка** $d|p$ функции
- «тень» от обратных арифметических операций ?

Суть дела в том, что на определенной стадии манипулирования числами процесс выходит на новый уровень абстракции, фиксируя внимание не на самих числах-объектах, а на операциях с ними.

Операции оказываются важнее тех объектов, над которыми они выполняются.

- Множество объектов, над которыми производятся операции, должно быть таким, чтобы с их помощью всегда можно представить **решение уравнений**:
 1. $x+a=b$, $ax=b$, решение находится в поле рациональных чисел Q , размерность числа $n=1$.
 2. $P_n(x)=0$, решение находится в поле комплексных чисел C $a+bi$, где i - мнимая единица $\sqrt{-1} = (+/-) i$, размерность $n=2$.
- С точки зрения «физической реальности» число « i » не больше «фикция», чем отрицательные и дробные числа.
- Для операций сложения и умножения (обратные операции – вычитание и деление) комплексные числа «последняя граница» расширения натурального ряда. (но есть еще и т/н алгебраические и трансцендентные числа).
- За областью комплексных чисел новой «числовой земли» нет, так как при увеличении размерности чисел теряются не или иные их свойства:
 - при переходе от действительных ($n=1$) к комплексным ($n=2$) числам пропадает упорядоченность,
 - переход к квантернионам ($n=4$) теряет коммутативность умножения, при переходе к числам Кэли ($n=8$) теряет ассоциативность операций умножения...



Благодаря «сепарабельности» топологического «пространства-время», окружающего человека, в нем можно выделить классы эквивалентности, т.н. фактор-множества (например, черные/белые клетки). На основе классов эквивалентности можно сформировать **конечное** подмножество состояний (траекторий), компоненты которого суть **последовательности элементов, состоящих из компонент** базиса топологически рассматриваемого пространства, а их мера образует инвариант, отражающий законы сохранения, актуальные для физических законов

Для описания базиса топологии подходят различные «цифровые меры», которые выражаются через рациональные или вещественные числа (всякое вещественное число можно представить в виде предела последовательности из рациональных чисел) Такая «цифровая» реальность порождает явления, которые можно наблюдать (измерять с помощью приборов-инструментов), получая **информацию** о том, какие числовые характеристики могут быть сопоставлены этим явлениям.