



Санкт-Петербургский  
Государственный  
Политехнический  
Университет

Институт прикладной  
математики и механики

КАФЕДРА ТЕЛЕМАТИКА

Тема: методы исследовательской  
работы  
Лекция 2  
Технологии когнитивных  
вычислений

---

11 февраля 2021г.

# Основной вопрос «компьютерных наук»

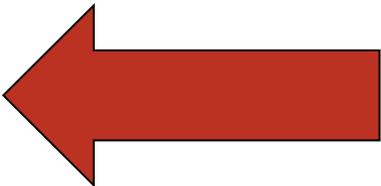
Что нужно, чтобы «вычислить» решение сложной проблемы, например, экономической задачи? Как проверить, что полученное решение правильное и ему «можно доверять» ?

**Ответ:** «надо учиться, обобщая ранее полученный опыт и теоретические знания.

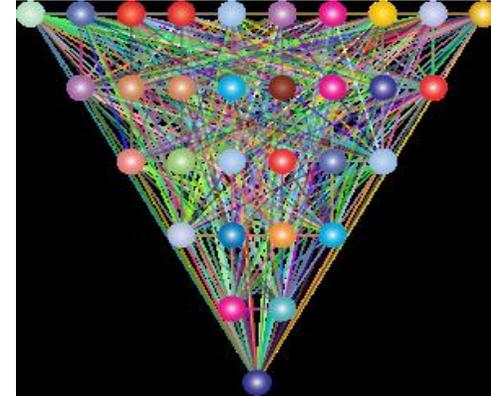
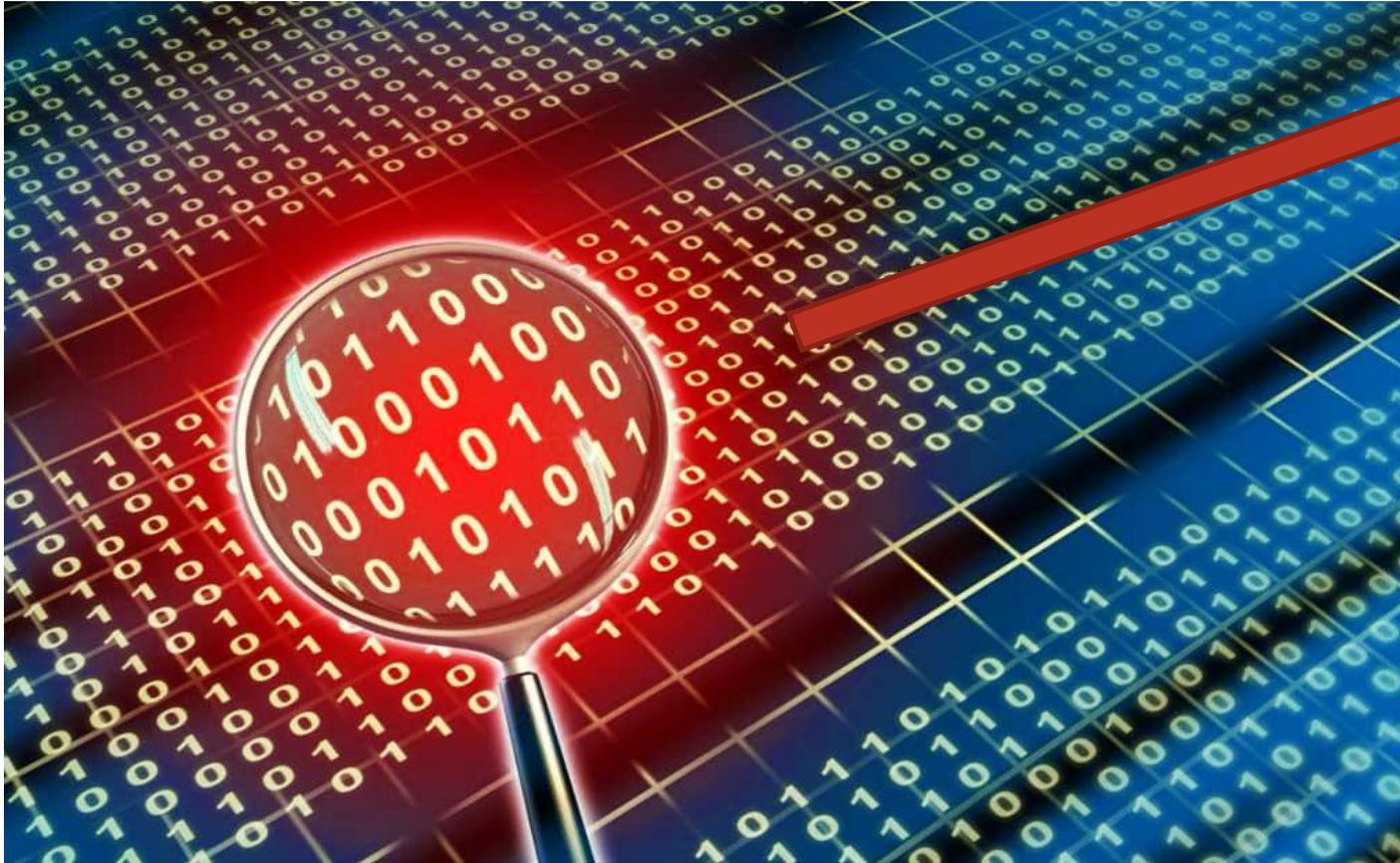
**Итак, требуется:** **целостное** понимание формального решения задачи, основанное на аналогиях и схожести с ранее полученными результатами.



# Когнитивные операции: умение создавать то, чего еще нет в целостном виде



# Целостность - феномен когнитивных операций

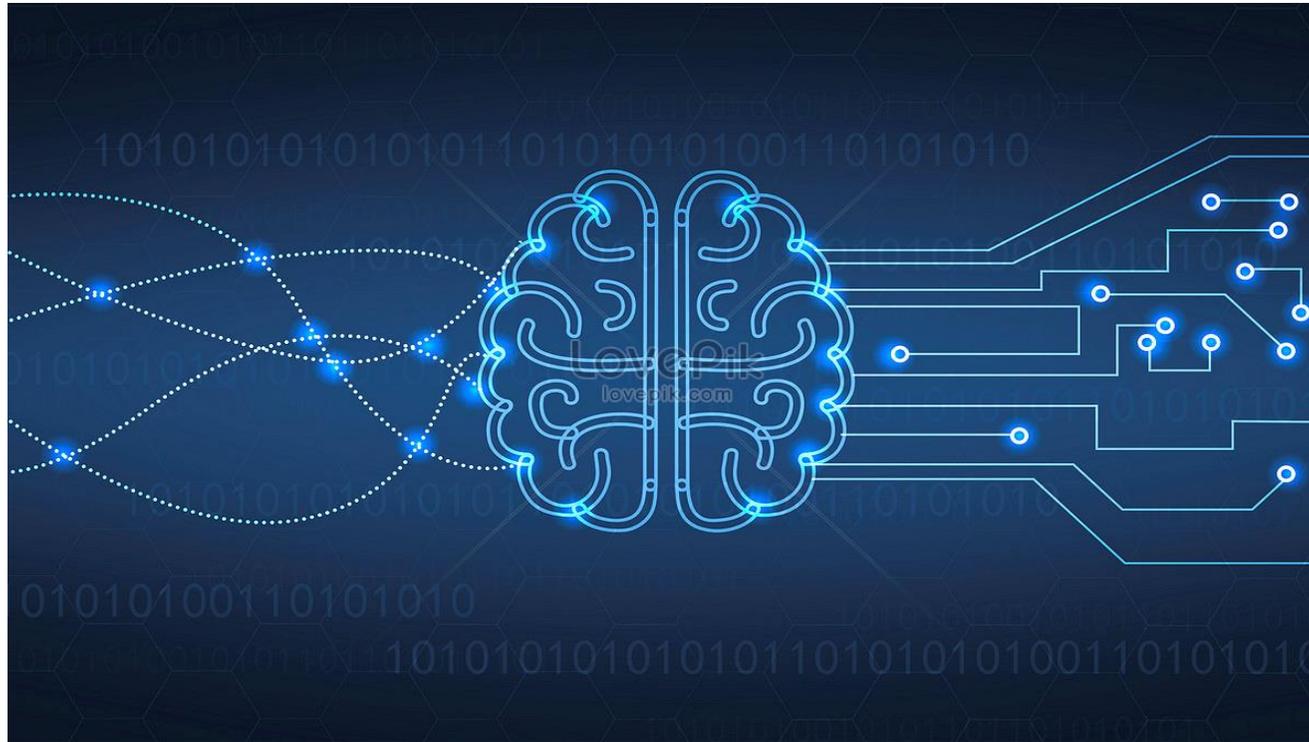


Цифровой код – однородная и делимая структура, ...  
восприимчивая к случайным искажениям и основанная на  
операции «**равенства количеств**»

Целостное – результат когнитивных  
операций, основанных на  
«**похожести свойств или функций**»

# Цифровая трансформация: от «Интернет людей и вещей» к «интернет понятий и знаний»

**Физический мир**  
«**целостных**»  
процессов и явлений, которые, однако, **лишены смысла** и эмоций

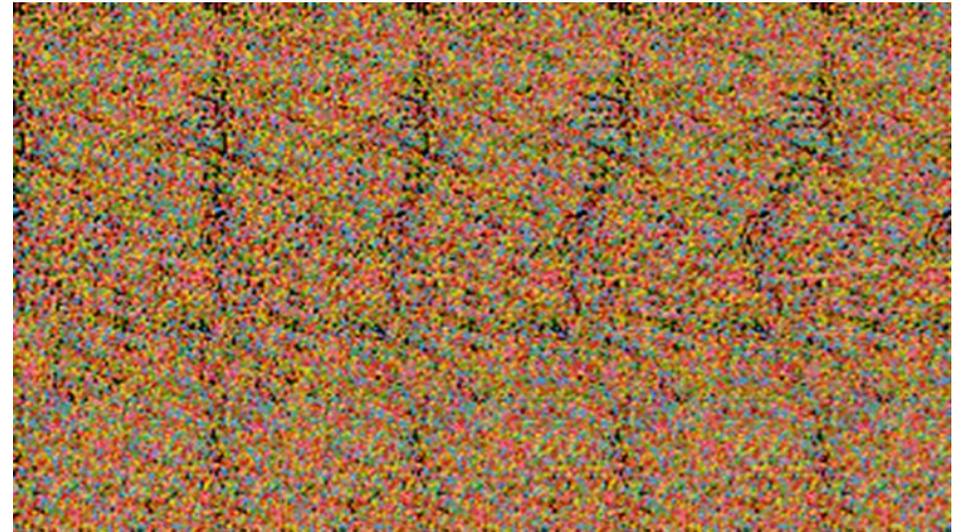
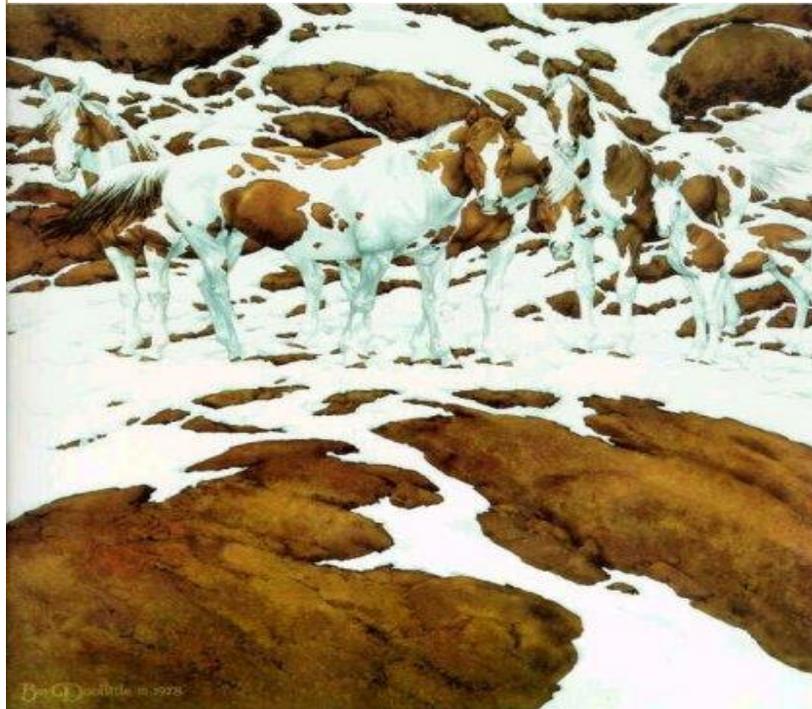


**Цифровая реальность**, доступная для обработки с помощью компьютеров, наделенная **КОГНИТИВНЫМИ атрибутами** и функциями

**Что надо** : операции **обработки бинарных кодов** заменить операциями **выделения смысла** из обрабатываемых данных, используя для этого постоянно пополняемую базу знаний о проявлениях физической реальности, моделях возможных ситуаций и поведении людей.

# Математика «больших данных» отвечает на вопросы:

- Как научить вычислительные системы находить «похожее в различном»
- Что надо знать, чтобы выделить «целостное» в наборе фрагментов, образующих поток «больших данных»



Формула компетенций специалиста «компьютерных наук»:

**«Понимание принципов формализации составных и целостных понятий»**

**&**

**«Владение технологиями обработки неструктурированной информации»**

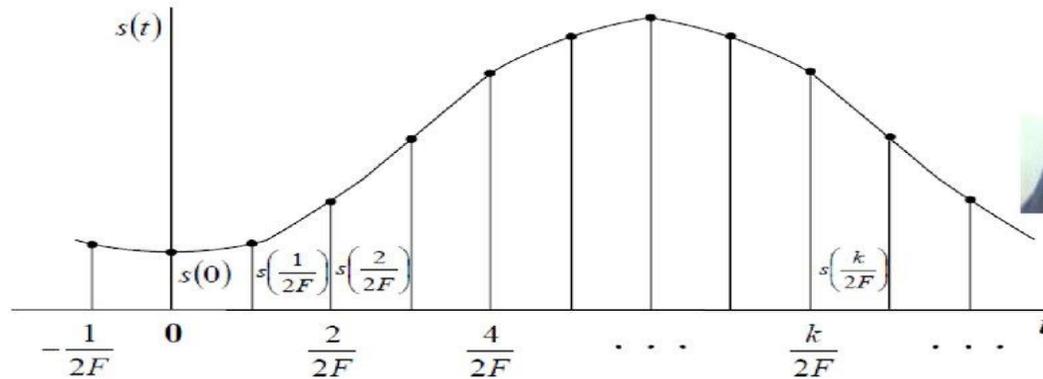
**&**

**«Умение выделять «похожее» среди объектов, процессов и явлений»**

**Итак**, сущность компетенций, которая не сводится к простой совокупности отдельных фактов, а требует «понимания» проблемы

# Проблема «понимания»

## Теорема Котельникова



$$T = 1 / (2F_0)$$

10

**Понимание – сопоставление понятию физической интерпретации**

Если надо передать некий сигнал, то не обязательно передавать его целиком. Можно передавать его мгновенные импульсы. Частота передачи этих импульсов называется частотой дискретизации. Она должна быть **в два раза больше** верхней частоты спектра сигнала. В этом случае на приемном конце сигнал восстанавливается без искажений. -

Методы, созданные Геделем, заложили основу современных компьютерных наук, благодаря тому, что дали «точное определение понятия алгоритма», обосновав то, что возможности



**описание** реальности с помощью **формальных** методов **ограничены** :

«формальный идеал»

Число -  
Математическая модель -  
Представления -  
Рациональное -

...

«реальность»

слово,  
дефиниция,  
ощущения  
разумное

Теоремы Гёделя о неполноте относятся к классике математической логики но затрагивают вопросы, далеко выходящие за пределы собственно математики.

Суть теорем связан с теорией т.н. вычислимых функций и модально-логическими свойствами формул, выражающих доказуемость того или иного математического утверждения, в том числе на основе эффекта самоописания.

“Why Should I Trust You?”  
Explaining the Predictions of Any Classifier

Простейшая формулировка

**первой теоремы** Гёделя **о неполноте** говорит о том, что существует **предложение**, не доказуемое и не опровержимое в рамках рассматриваемой теории  $P$ .

**Вторая теорема** Гёделя **утверждает**, что в качестве такого **предложения** можно взять утверждения о его собственной непротиворечивости.

Что ставит под сомнение возможность реализации программы Гильберта, декларированной целью которой было **установление непротиворечивости математики (анализа и теории множеств) финитными средствами**.

Итак: **финитные доказательства формализуемы, насколько мы им можем доверять ?**

**Неполнота** какой-либо конкретной теории, например  $P$ , может означать всего лишь, что “**не были учтены**” какие-то нужные аксиомы. (например, так обстояло долгое время дело с аксиоматизацией элементарной геометрии).

В принципе аксиоматику теории **можно пополнить**, но Гедель **доказал**, что мы имеем дело с **драматичной ситуацией**, которая говорит о принципиальной **непополняемости** системы (языка)  $P$ .

**Теорема Гёделя** о неполноте может быть сформулирована следующим образом.

Пусть  $T$  – формальная теория, удовлетворяющая следующим условиям:

- (i)  $T$  сформулирована с использованием системы аксиом  $P$ ;
- (ii)  $T$  получается добавлением к системе  $P$  **рекурсивного** ( т.е получаемого с помощью некоторого алгоритма) множества аксиом;
- (iii)  $T$  является в  $P$  непротиворечивой.

**Тогда  $T$  неполна**, т.е. существует предложение  $\varphi$ , для которого ни  $\varphi$ , ни  $\neg\varphi$  не доказуемы в  $T$ .

Гедель предложил способ **кодирования** натуральными числами (т.н. гёделева нумерация) **объектов системы** (языка)  $P$ , таких как переменные, термы, формулы и т. д. и показал, что при некотором естественном выборе такого кодирования отношение “**X** есть **код вывода** формулы с кодом **Y** в системе  $P$ ” будет примитивно рекурсивным, **т.е. вычислимой**.

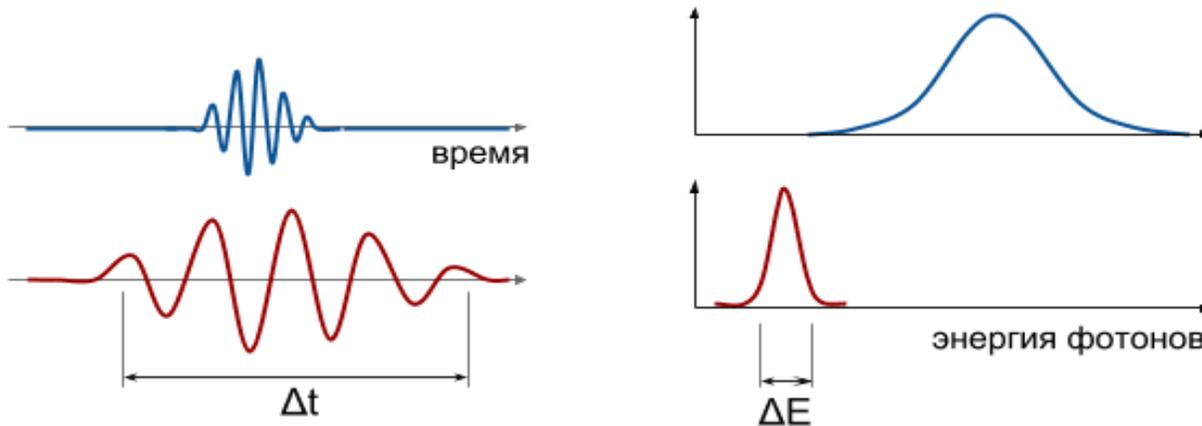
Требование (ii) является достаточно общим и для всех формальных теорий, рассматриваемых на практике, выполняется. Так этому условию заведомо удовлетворяют теории, задаваемые конечным числом аксиом, что позволяет назвать эти теории рекурсивно аксиоматизированными (т.е. построены на алгоритмах)

Итак, Гёдель доказал, что некоторое построенное независимое **предложение для теории T**, каким бы ни был язык самой теории  $T$ , относится к **элементарной арифметике**.

# Алгоритмизируемо ли соотношение неопределенностей

Призрачно всё В этом мире бушующем,  
Есть только миг, За него и держись. ...

Слова: Дербенев Л.  
Музыка: Зацепин А.



Соотношение неопределенностей энергия–время для фотонов: **чем короче световой импульс, тем больше разброс энергий у фотонов**:  $\Delta t \cdot \Delta E \sim \hbar$ , где  $\hbar$  — постоянная Планка,  $\hbar \approx 10^{-34}$  Дж·с.

Чтобы «реальность» длилось время  $t$ , нужно, чтобы «реальность» обладала энергией как минимум равной  $\hbar/t$ .

# Информационно-вычислительная «теория цифрового мира»

- Онтологические сущности **И-В реальности**: **вычисления**, которые порождают изменения информации (структуры) материи – «цифровая генетика»
- Системы, которые **обретают эмерджентные свойства** НЕ могут быть «вычислены» исключительно с помощью «логического вывода» из свойств составляющих систему компонент
- Изменения материальных структур подчиняются законам «открытых систем», ингерентность (inherent) которых есть следствие самоорганизации и адаптации.
- «**Наблюдатель**» процессов есть составная **часть** наблюдаемой системы



Эмерджентность —

- появление у системы свойств, не присущих её элементам в отдельности;

Ингерентность —

- согласованность, приспособленность к окружающей

# Закон исключенного третьего «исключает» спутанность состояний макрообъектов

В «реальном» мире суперпозиции (спутанности) состояний нет – в макромире происходит коллапс «вектора состояний» или редукция «волновой функции» к одной из возможностей.

Пример:  
«Кот Шредингера»:



Ключевой вопрос: можно ли «остановить» редукцию волновой функции и, если да, то на какое время? Значение волновой функции в любой момент пространства и времени позволяет нам рассчитать только вероятность обнаружения частицы в этом месте

# Квантовый парадокс Зенона – как остановить коллапс ВФ

**Формулировка парадокса Зенона** в том, что стрела в полёте остаётся неподвижной в каждый отдельно взятый момент времени. Как на фотографическом снимке. Значит, на самом деле... никуда не летит, а если и летит, то только с точки зрения наблюдающих за ней людей. Вещь (**смысл/становление/материя**) – это воплощенный в **материи** (**не-смысл**, инобытие) **смысл** (**не материя**, нечто логически определенное).....

Итак: стрела – это **смысл**, который не изменяется, т.е. «не движется».

Суть – различие между чувственным **восприятием** (летит) и **мышлением** (неподвижна)

**Квантовый вариант (1958, Ленинград, Л. Халфин)**: При условии дискретности энергетического спектра, распад волновой функции квантовых состояний напрямую зависит **от частоты измерений**. Если наблюдать за нестабильной частицей достаточно часто, то она не распадётся вообще. Т.е. сам **факт наблюдения** способствует продлению **существования наблюдаемой сущности**. Есть гипотеза, что этот эффект – основа процесса **мышления** людей

сказать **Стрела – летит**

это тождественно тому, что

сказать **неизменное изменяется...  $0^0=1$**

«Летящая стрела»

Движения не существует.

Летящая стрела неподвижна, так как в каждый момент времени она покоится, а поскольку она покоится в каждый момент времени, то она покоится всегда.



<https://www.youtube.com/watch?v=DqhG9jemZvM>

<https://www.youtube.com/watch?v=7cQ5n9j5Guo>

<https://www.youtube.com/watch?v=A8oiYBo1gvs>

# Проблема «вычисления» мышления/поведения

**Суть:** Почти все живые **организмы** (компьютеры) построены из одних и тех же веществ/клеток (компонент/модулей), которые в процессе жизни **меняются**, причем различия между видами организмов (типов компьютеров) определяются различиями в способах объединения этих основных веществ (компонент).

**Предмет:** Механизмы, контролирующие объединение клеток в живых организмах основаны на том, что информация, которая содержится в генах, контролирует развитие организма, детерминируя синтез белков, которые регулируют организацию процессов **онтогенеза**. Т.н. регуляторный ген (**причина**) через рецепторы (**каналы связи**) взаимодействует с клеткой (**смысл**), реакция которой зависит от ее внутренней организации (**«смысл» у реакции есть только тогда, когда она «создает» условия для «становления» себя**).

## Вопросы

- Какая информация нужна, чтобы «генный» проект превратился в «здание организма», какая информация нужна от внешней среды ?
- Механизмы функционирования современных компьютеров не изменяют их структурно-компонентную основу. Что нужно сделать, чтобы ПО стало частью **«цифрового онтогенеза»** ?

# Вычислимость по Тьюрингу

## Формулировка:

**Проблема/задача вычислима**, если она может быть решена каким-нибудь алгоритмом....**за конечное время**.

Понятие вычислимости в КН адресовано ... **числам, функциям.....**

## Вопрос:

- Восприимчивы ли к проблеме «вычислимости» когнитивные функции ?
- Какие операционные издержки, связанные с цифровыми вычислениями, которые надо для этого преодолеть, чтобы «вычислить» смысл результата ?
- Какие **новые классы компьютеров** (cloud, IoT...) смогут перестраивать наши когнитивные возможности ?
- Какой «модуль» в компьютере надо создать ( см. тему Машина Корсакова) , чтобы успешно моделировать функции, которые сейчас доступны только сознанию человека ?
- Как Сатоши Накамото решает проблему смысла цифровых транзакций производимых ПО в сети?

# Машина сравнения идей Корсакова (1832) -Тьюринга (1932)

**Суть проекта Корсакова:** построение параллельно работающих интеллектуальных механизмов. Инструмент «искусственного общества».

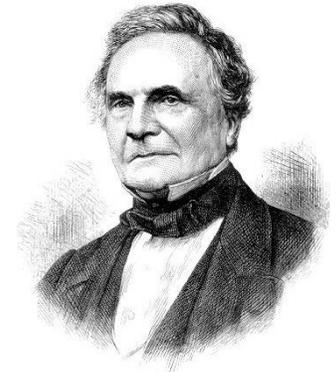


**Принцип** функционирования МашКор представляется **двойственным к аналитической машине Бэббеджа-Лавлейс**, которая выступает прототипом универсальной цифровой вычислительной машины Тьюринга.



**С.Н. Корсаков.** Статья **«Начертание нового способа исследования при помощи машин, сравнивающих идеи»**. Цитата: «Человек мыслит, но действия его носят механический характер: он приказывает, и его ноги идут, а руки двигаются.

Разум занимается тем, что мыслит или **постигает нечто**, действие же или **изменения присущи материи»**.



# «Первая перфокарта» Корсакова

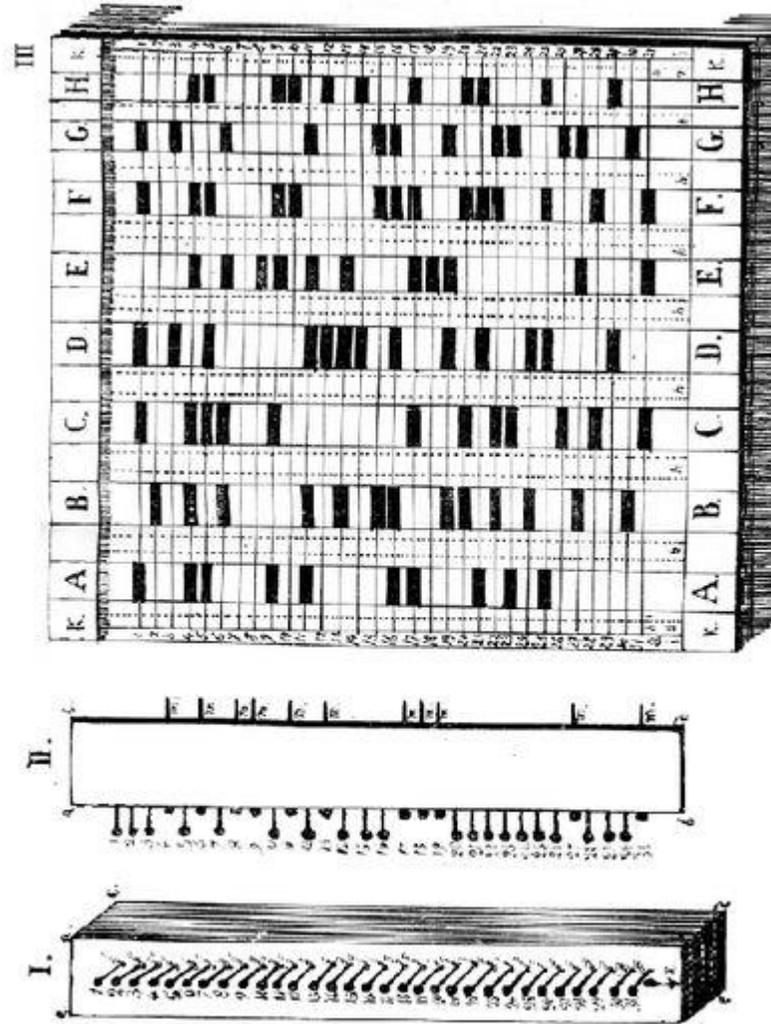


Рис. 1. Прямолинейный гомеоскоп с неподвижными частями (I, II); гомеоскопическая таблица (вид сверху) (III)

# Вопросы +

- Какая физическая система могла бы быть способна не только к обучению или запоминанию, но и к **«объяснению»** выполняемых действий?
- Какое состояние физической системы могло бы играть **каузальную** (причинную) роль?
- Что именно является содержанием конкретных **интенциональных** состояний «интеллектуальной» системы.
- Могут ли изменения структуры и системного ПО компьютера быть основным **механизмом адаптации** к особенностям решаемых задач ?

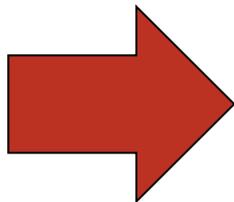
# Выводы

Для **творческого духа** усовершенствовать себя до такой степени, чтобы стать машиной - **пытка**.

Г. Гегель. Наука логики. Т.1

Математизация **реальности** есть путь формализации знаний, основанная на сведении их к **символьным** «однородным» и «делимым» сущностям, которые ..... инвариантны к количественным / синтаксическим преобразования с помощью цифровых автоматов - компьютеров.

физическая реальность



математическая модель



Неформализуемая часть **реальности**  
( т.н. осадок Геделя)

компьютерная модель



Аспекты точности, эффективности и разрешимости задачи