

Высшая школа ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

курс: Введение в профессиональную деятельность

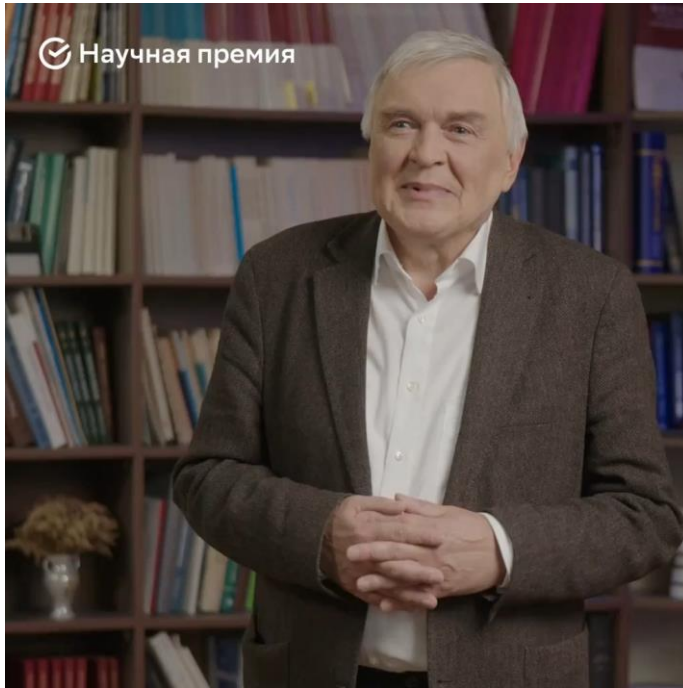
«математика и компьютерные науки»

«математическое обеспечение и администрирование
информационных систем»

ЛЕКЦИЯ 1: МОТИВАЦИОННАЯ.

7.02.2025

1. «Длинное» введение
2. Рекомендуемая литература и структура курса
3. Развитие : от классической физики к компьютерным наукам
4. Что будет в курсе лекций
5. Выводы



АКАДЕМИК ЕВГЕНИЙ
ТЫРТЫШНИКОВ (МГУ)

Объект изучения (что)

математики мыслимые объекты и «правила» их использования

компьютерных наук — информация и компьютерные средства обработки и передачи **математическое обеспечение** – программы, как средство изменения состояния памяти компьютеров (вычислительных машин)

Предмет изучения (как) понять и реализовать **фундаментальные идеи математики** и процессов «взаимодействия» между

- людьми и вычислительными машинами,
- людьми, которые используют машины,
- самими вычислительными машинами.

Проблемы «понимания» требует использования:

- различных **языков** и метаязыков,
- **компьютерных моделей** процессов
- систем хранения и обработки **информации**

«...ЦИФРОВОЙ АНАЛОГ МОЗГА » ...

... AI IS NOTHING BUT DIGITAL BRAINS INSIDE LARGE COMPUTER

ИЛЬЕЙ СУЦКЕВЕР, ОСНОВАТЕЛЬ OPENAI



Гипотеза Джеффри Хинтона (автор метода «глубокого обучения», лауреат Нобелевской премии по физике 2024):

- **«Биологический интеллект** нужен был Природе, чтобы появился **«цифровой интеллект» ???**
 - Мотивация: цифровой интеллект требует для своего повеления (развития) много энергии, поэтому нужен был "биологический интеллект", создавший современную энергетику ???!

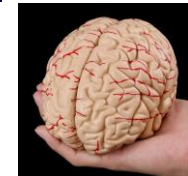
В рамках курса будем **пробовать найти ответы** на ряд вызовов **современной** цивилизации:

- **поиск** решений актуальных проблем, находящихся за границей интуиции
- **создание** экзо-интеллекта (экзо: внешний, наружный, посторонний) как дополнения к естественному интеллекту людей
- **моделирование** физических и био- «когнитивных» явлений, *включая процессы в информационных и интеллектуальных системах + феномен сознания и мышления*



«My view is throw it (AI) all away and start again»

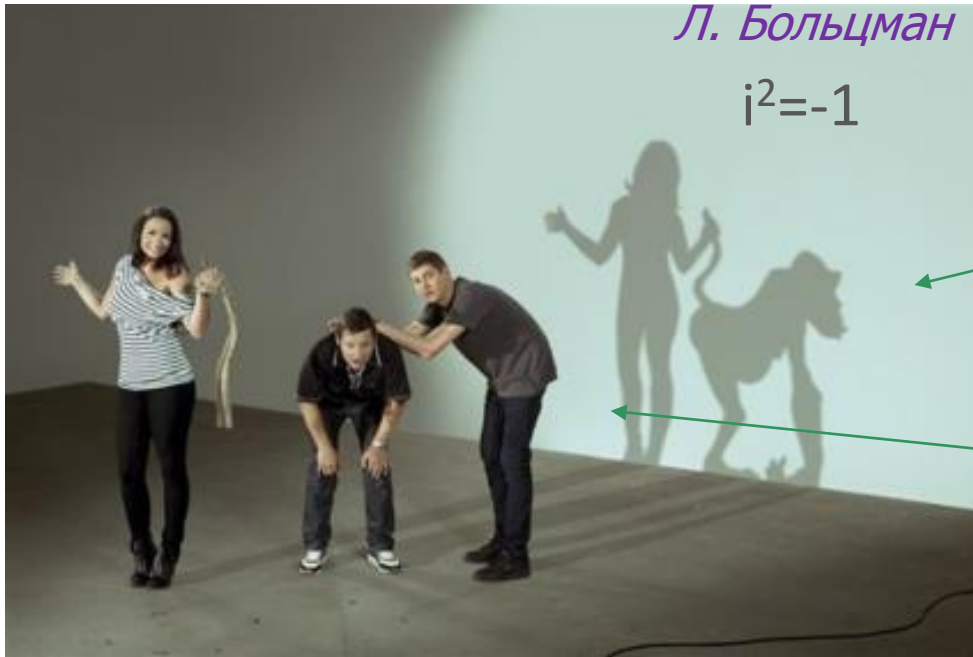
Джеффри Хинтон



Нет
ничего **практичнее**
хорошей **теории**.

Л. Больцман

$$i^2 = -1$$



Проблема
сложности
«обратного
моделирования»
объектов Природы

Символ

Объекты

Триплеты научных знаний:

- материя, энергия, **информация**
 - числа, слова, **СМЫСЛЫ**
 - модели, вычисления, **ПОНЯТИЯ**

Примеры:

Неправильно сформулированный вопрос: Существуют ли объективные законы, управляющие миром?

Правильная формулировка вопроса: Каким образом нужно говорить о существовании законов мироздания, чтобы это «говорение» не было пустой тратой времени?

Неправильный вопрос: **Что есть информация?**

Правильная формулировка вопроса: Как нужно рассуждать об информации, чтобы эти рассуждения имели научную ценность/смысл?

Когда мы говорим, что Солнце восходит на востоке, а заходит на западе, мы неявно подразумеваем, что **Солнце «движется», хотя с точки зрения гелиоцентрической системы это не так!**



Суть профессионального «компьютерного» подхода в том, чтобы не допускать обсуждения проблем, для которых не существует способов построения («вычисления») логически непротиворечивых (?) объяснений.

ОСНОВЫ «КОМПЬЮТЕРНОГО» ПРОФЕССИОНАЛИЗМА

Причину свойств силы тяготения
я до сих пор не мог вывести из
явлений, а гипотез же
я не измышляю.

И. Ньютон. Математические
начала натуральной философии

- Профессионал должен «видит» и объяснять словами суть проблемы, **мысля при ЭТОМ СИСТЕМНО.**
- **Системно** – это значит воспринимать окружающую действительность как целостную структуру, в которой равновесие (устойчивость) достигается через «единство противоположностей» (то есть диалектически). Другими словами:
 - так, «0» это не «отсутствие чего либо, а сумма «противоположностей»: $(-1+1)$
 - если есть закон «всемирного тяготения», то должен быть закон «всемирного «отталкивания» ???!!!, который пока еще не открыт
- Профессионал должен обладать пониманием о существовании **«альтернативного взгляда»** на рассматриваемую проблему. **В этом - суть системного мышления.**

Рекомендуемая литература

Есть две одинаково удобные позиции:
либо **верить** во все, либо во всем сомневаться;
то и другое избавляет от необходимости **думать**.

А. Пуанкаре

- Босс В. [Лекции по математике](#), Том 6, От Диофанта до Тьюринга, URSS, 2006.
- Мах Э. Познание и заблуждение. Очерки по психологии исследования / М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. - 456 с.
- Шеннон К. Э., Работы по теории информации и кибернетике, пер. с англ., М., 1963;
- Колмогоров А. Н., [Три подхода к определению «количество информации»](#), «Проблемы передачи информации», 1965, т. 1,
- Ю. И. Манин. [Математика как метафора](#). М., 2008.
- Д. Дойч. Структура реальности. - Ижевск, 2001, 400 с.
- М. Клайн. [МАТЕМАТИКА утрата определенности](#).-РИМОС, Москва 2007
- В. И. Арнольд. Экспериментальное наблюдение математических фактов. МЦНМО, 2021

Структура курса

- **Тема 1. Введение. «Математика и компьютерные науки» -**
Математические свойства физической реальности. Вычислимые функции, невычислимые понятия. Принцип неопределенности. Информация, данные, знания: основы современной концепции компьютерных наук.
- **Тема 2. Математика как метафора (явления vs впечатления vs понятия)**
В начале было «слово» или все есть «число» !? Понятие «смысла», кода и виды кодирования. Виртуальная реальность. Физико-информационная картина мира – супервентность физического и информационно/ментального описания. Информационные модели физической и ментальной реальности.
- **Тема 3. Фундаментальные задачи компьютерных наук (КН)**
Объект КН – информация (отвечает на вопрос – «что») , а предмет – компьютеры (отвечает на вопрос – «как»). Углеродный след ИТ. Принцип Ландауэра – термодинамика вычислений. It from bit: натуральные вычислительные процессы в Природе. Математическое обеспечение цифровых систем. Носители информации и квантовая реальность. Воплощение интеллекта, обратные задачи моделирования и проблема сознания. Передача информации и виртуализация процессов передачи данных
- **Тема 4. Идеи и технологии ИИ: средства решения «обратных задач» и методы интерпретации результатов.**
Все ли можно вычислить - развитие наук от Диафанта до Тьюринга. Вычислимость, перечислимость, разрешимость. Кодирование слов числами и передача знаний. Теорема Геделя. Истина в числе ? Естественный vs. «искусственный» интеллект – в чем разница. Cogito ergo sum или computo ergo sum. Обработка информации в виртуальном пространстве квантовые вычисления. Роботы – ИИ агенты в «облаке». Физические процессы, компьютерные программы и алгоритмы обучения машин. Интеллект как средство «вычисления» адаптивного поведения в динамической среде и с учетом контекста «времени и места»
- **Тема 5. Суперкомпьютеры - современные инструменты наукоемких технологий** Классификация : простые и супер задачи. Что можно ждать от цифровой цивилизации. Структуры данных и их знаний в форме компьютерных программ. Ускорители - нейронные сети и системы глубокого обучения.

Три персональных контрольных задания (формат ppt, объем 7 слайдов)

- Экспериментальное наблюдение математических фактов : «золотое сечение», числа для счета, числа как мера (срок сдачи 3.03.2024)
- Информация как атрибут реальности: it from bit (срок сдачи 4.04.2024)
- «Мое» понимание будущей профессиональной деятельности (5.05.2024)

Метафорические определения «Что такое математика»

Понятие «математика» через набор **афоризмов**:

- «Математика – это знание отвлечённое от вещей» (Аристотель)
- «Всё есть число» (Пифагор).
- «Математика — это язык, на котором написана книга природы»(Г. Галилей)
- «Математика — это искусство называть разные вещи одним и тем же именем». (Анри Пуанкаре).
- «Математика – это иерархия формальных структур» (Н. Бурбаки)
- «Математика — это наука о количественных отношениях и пространственных формах действительного мира» (А. Колмогоров)

К. Гедель: доказательство непротиворечивости любой достаточно богатой формальной теории невозможно средствами самой этой теории

Число – это элемент **поля** ...поле- алгебраическая структура, где определены операции арифметики и ... справедлива **аксиома Архимеда**: «**какие бы два отрезка ни взять, отложив достаточное число раз меньший из двух заданных отрезков, можно перекрыть другой**», для $a, b > 0$, существует натуральное N , такое, что **$N \cdot a > b$** .

Итого: в Архимедовой реальности бесконечно малых величин нет!?

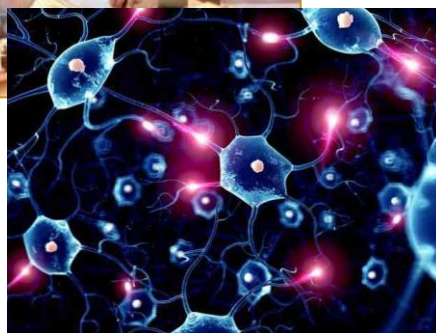
Физика vs компьютерные науки

Физические науки – это знания о **состоявшихся возможностях**

- Физические законы – описание устойчивых причинно-следственных связей (отношений) между «воплощенными объектами реальности»

Компьютерные науки – это знания о существующих и потенциальных возможностях

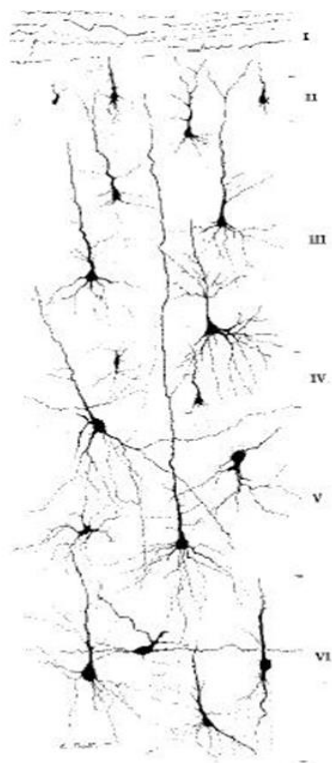
- Объект комп. науки (отвечает на вопрос «что»): **информация** (то, что потенциально возможно)
- Предмет науки (отвечает на вопрос «как»): **процессы вычислений и передачи информации**



Итак, компьютерные науки про то, как потенциально возможное (информационное) переходит в **Реальное** (физическое), используя процессы вычисления

Мозг человека содержит примерно 80 миллиардов нейронов (процессоров), которые взаимодействуют друг с другом с помощью специальных каналов (сети нейронов), позволяющих им обмениваться информацией. У каждого нейрона до 1000 физических каналов, которые используются для передачи нейро-модуляторов. Пространство потенциальных состояний $1000! * 80 * 10^9$ – это много !!!

Инфраструктура передачи и обработки информации : влияние обучения и опыта – «лишнее отбрасывается»



Birth



Fig. 92. Drawings from Golgi-Cox preparations

2 years

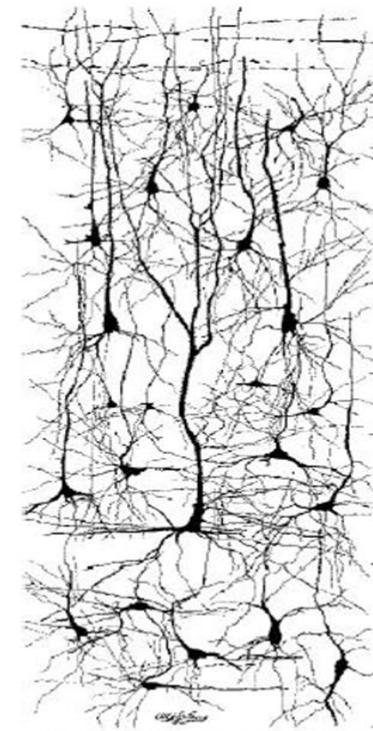


Fig. 116. Drawings from Golgi-Cox preparations

6 Years

Основная особенность: фильтрация всего лишнего, что не отражает сложность среды обитания субъекта



- Какая информация получена при анализе этой записи (процесса) ??

Модели окружающей человека реальности



Интерпретация реальности с использованием моделей

Люди – как «потребители» информации или результатов восприятия.....

Методы восприятия – «непрозрачность» алгоритмов восприятия и интерпретации)

Модель «черного ящика» где физические процессы/данные превращаются в слова/понятия

Данные экспериментов - цифровые двойники («digital twins») сигналов, изображений, текстов

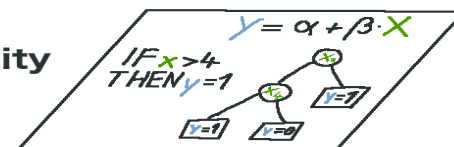
Реальный мир, в котором протекают физические процессы – носители информации.

Humans



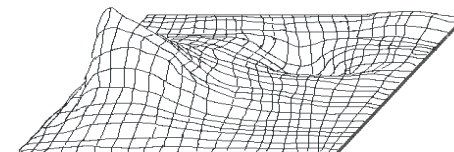
↑ inform

Interpretability Methods



↑ extract

Black Box Model



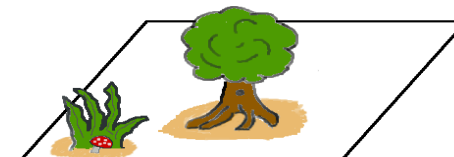
↑ learn

Data

X1	X2	X3	...	Xn
10	2	0
5	4	0
1	-1	0

↑ capture

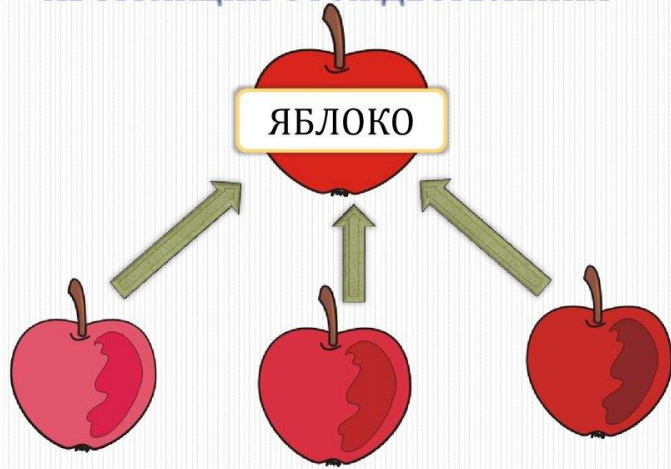
World



Математика как абстракция отождествления

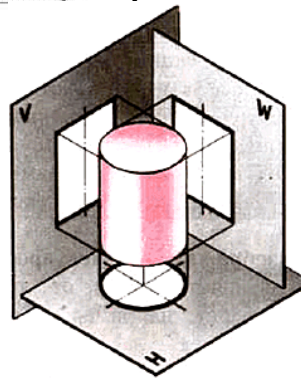
Приемы абстракции

АБСТРАКЦИЯ ОТОЖДЕСТВЛЕНИЯ



Абстракция неразличимости и тождество неразличимых – энтропия опытных данных

Абстрагирование имеет барьеры и порождает побочные эффекты



Абстра́кция (от лат. *abstractio* — отвлечение) — отвлечение в процессе познания от несущественных сторон, свойств, связей объекта (предмета или явления) с целью выделения их существенных, закономерных признаков

Две «основные» опасности работы с абстрактными моделями

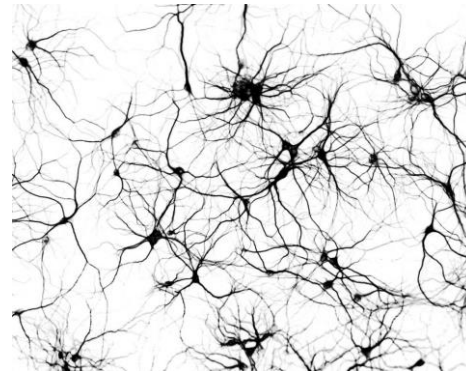
- пытаться применять модель даже там, где она **неэффективна**, и не понимать существование того, что этой моделью не описывается.
- использовать в модели понятия каждое из которых отражает только часть целостного мира: все собаки в чем-то похожи, а все синие предметы - похожи по цвету. Но похожесть это лишь внешний фактор, который не отражает внутреннюю природу объекта.

Развитие науки: от классической физики к компьютерным наукам

Классическая физика Р. Декарт: **Cogito, ergo sum** (лат).
— «Мыслю, следовательно, существую» ??!!!



Современность: Computo, ergo sum (лат. - «Вычисляю, значит») — суть информационно-вычислительного натурализма: законы физики — «компьютерные» программы, с помощью которых **квантовый компьютер Природы, вычислят самого себя?!**



Нейроморфный компьютер мозга вычисляет функцию **активации** нейрона и формирует **поток нейромедиаторов** (химических информационных пакетов) передачи информацию с помощью кодов ДНК

Пример: Что и как «управляет» движением автомобиля ?

Гипотеза: Основа реальности: **вычисления**, которые порождают изменения информации (структуры) материи

- Сложные системы характеризуются **эмерджентными** свойствами, которые НЕ могут быть получены исключительно из свойств составляющих систему компонент



Изменения материальных структур подчиняются законам «открытых систем», а **ингерентность** (согласованность модели и реальности) которых есть следствие самоорганизации и адаптации.

Научный скептицизм Р. Декарта

- «Чувственный опыт не способен дать **достоверное знание**, ибо мы часто сталкиваемся с иллюзиями и галлюцинациями, поэтому мир, воспринимаемый с помощью чувств, может оказаться только «сном».
- Однако не являются достоверными и наши рассуждения, ибо мы **не свободны от ошибок**
- Рассуждение есть выведение заключений из посылок, и до тех пор, пока у нас нет достоверных посылок, мы не можем рассчитывать на достоверность заключений».
- Скептицизм – не учение, а метод, основанный на отношении к недостаточно обоснованным идеям, какой бы источник они ни имели:
 - Если я сомневаюсь в том, что мыслю, то по крайней мере достоверно то, что я сомневаюсь
 - значит **Cogito, ergo sum**

Три книги «критики» Иммануила Канта

- **«Крѝтика чѝстого рáзума»** — исследование познавательной возможности разума, в отрыве от знаний, получаемых эмпирическим (опытным) путём.
- **«Критика практического разума»** - понимание оснований и сути нравственных правил, регулирующих отношения между людьми или как добродетель и счастье мыслятся необходимо соединенными между собой,
- **«Критика способности суждения»** - невозможность «объяснить явления живой природы... исходя только из механических принципов
- Познание может быть интуитивным (непрерывным), а не только основанными на конечном объеме слов понятий



Суть философии Канта: **активность субъекта** в познания, моральные практики и **научное творчество**

Как возможно получить информации о внешнем мире ?!

- Из факта существования объективной реальности, независимой от способа восприятия (**сознания**) следует, что законы природы могут быть сформулированы терминах описания свойств материальных объектов, проявляющихся в пространстве и времени. Однако, кроме материи также объективно существуют **нематериальные сущности - сознание (разум)**, поэтому ... возникают ключевые вопросы:
 - – как действует разум на материю и материя на разум?
 - - обладают ли разум тем, что мы называем «энергией» ?
 - - является ли воспринимаемый мир совокупностью информации?
- и **что же такое информация ?**

Понятие «сложность»: физическая интерпретация и как ее можно «закодировать»

Окружающая реальность **невероятно сложна**, так как никакое явление не существует само по себе, а все явления находятся во взаимосвязях, суть которых мы **не понимаем до конца**

Цель курса: Сформировать основы профессиональных знаний о том, как можно описать (закодировать) окружающую сложную реальность так, чтобы ее можно было **понять, объяснить и ... управлять.**

Пример:

- Рассмотрим бильярдный стол. По столу мечется шар, отскакивая от бортов. Шар следует принципу неопределенности (открыт В. Гейзенбергом в 1927 г. $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar/2$, где \hbar — постоянная Планка; Δx — среднеквадратическое отклонение координаты частицы; Δp — среднеквадратическое отклонение импульса частицы)
- Можем ли мы предсказать, где будет шар после **десятого отскока от борта**? **К сожалению ответ – «нет».** Так даже уже для **пятого отскока**, чтобы вычислить положение шара, **придется принимать в расчет положение всех предметов вокруг стола**, а для седьмого и восьмого – положение всех частиц во Вселенной.

Что «внутри» и что «вовне»: ЭКСПЛИЦИТНЫЕ или ИМПЛИЦИТНЫЕ знания

Знания о материальном мире разделяются на две категории , а именно эксплицитные или имплицитные знания:

- **ЭКСПЛИЦИТНОЕ**— это знание, которое можно описать каким либо способом
- **ИМПЛИЦИТНЫЕ** – это знание которое нельзя выразить словами , поэтому его передать путем записи или вербализации (например, интуиция)

Люди могут использовать в своих интересах только те объекты и процессы, о которых они имеют определенные знания или представления, т.е. вещи, которым можно сопоставит **мыслимые понятия (элементы тезауруса или ПРОСТРАНСТВА ПОНЯТИЙ)**.

Вопрос: как формально упорядочить представления о реальности можно?

Для этого требуется введения вне физического **понятия информация**, считая информацию **атрибутом** того, что для человека является **мыслимым (информация – суть предмет компьютерных наук)**.

Основные вопросы, на которые надо уметь отвечать

В мае 2025 Г:

- Природа **информации** – что это такое с точки зрения физики
- Понятие **информации с точки зрения компьютерных наук**
- Суть концепции информационно-вычислительного натурализма через понятия:
 - Прото-информация (первичная информация)
 - Квантовая информация и цифровые вычисления
 - Теоретическая информатика vs физическая неопределенность
 - Информационные технологии, энтропия и виртуальная реальность

Лейбниц о понятии истина: принцип «достаточного основания»

- сформулированы Лейбницем в работе «Монадология» : «...ни одно явление не может оказаться истинным или действительным, ни одно утверждение справедливым, — без достаточного основания, но каковы эти основания **нам известны**» .
- Выводы:
 - истинная причина любого события – зависят от приложенных сил и состояния Вселенной до момента совершения события. **История - суть информация прошлых событиях**
 - Чтобы понять и описать всю сложность мира, нужен **разум** который способен **сформулировать объяснение события.**
 - Вселенная – суть макроскопический **квантовый компьютер**, который вычисляет «самого себя», воспринимаемые природные явления – коллапс волновой функции Вселенной или «тени реальности»

Выводы.

О значении слов и определений :

- «Если **значения слов (объем понятия)** не определены, то нет и смыслов. Если нет **смыслов, то действия** не происходят».

(Конфуций, 551-479 г. до н.э.).

- «**Определите содержание слов**, и вы избавите человечество от половины его заблуждений».

(Рене Декарт, 1596 -1650).

- «Информация – это **не материя и не энергия**. Это третье».

(Норберт Винер)

Кибернетика, или Управление и связь
в животном и машине. 1958 г.)

Приложение

Фундаментальная проблема реификации

Что общего между физикой, математикой, историей, географией, экономикой и психологией?

- У этих наук разные области, разные методы и принципы исследования, не сводящиеся друг к другу теории.
- Суть в том, что разные науки описывают **один и тот же реальный мир** – по сути эти науки создают разные модели мира (математика, однако, описывает не реальный мир, а только «саму себя»)
- **реификация** – reification (от лат. res - «вещь») или овеществление абстрактных вещей и понятий.
- В конкретном контексте конкретному слову может не соответствовать никакая материальная вещь.
 - Примеры:
 - красный **мяч**, красный стол, красный карандаш – ошибка реификации в том, что кроме мяча, стола, карандаша и шляпы присутствует еще некий пятый объект — **краснота**.
 - Понятие «Интеллектуальный человек» – но интеллект не является **частью биологического организма человека**
- Итак, слова сами по себе не имеют **«возможностей»,** способных наделять обозначаемые ими вещи **физическим (предметным) существованием !!!**

С точки зрения естественнонаучного знания (эпистемологии), объективная реальность устроена таким образом, что места для свободной воли в ней нет.

Максимум, что есть в природе «свободного» – это случайность (в частности, фундаментальная квантовая неопределённость), из которой **свобода воли** всё равно никак не может быть выведена.

Р. Декарт существование свободы воли выводил напрямую из сентенции «я мыслю, значит я существую».

В сознании субъекта существует только «мыслимое», а границы мыслимого можно раздвинуть путем... путем обучения

Цифровой инструмент познания теорема Геделя - машина Тьюринга

В первой половине 20 в. К. Гедель сформулировал теорему о неполноте формальных систем, а его ученик А. Тьюринг создал механическую «модель» формальной системы – машину Тьюринга, которая в принципе может выполнить почти любое мыслимое вычисление, кроме «вычислить» саму себя.

Для этого надо допустить, что в самом процессе вычислений есть какой-то пока науке неизведанный «скрытый» компонент, связанный мышлением.

Одна из целей КН – найти этот компонент, опираясь на понятие **эмерджентность** - наличие у системы свойств, которые несводимы к свойствам её отдельных компонентов.

Для объяснения этих свойств необходимо научиться получать, обрабатывать, передавать и хранить информацию.

Утверждения, полученные путем индуктивного обобщения, делают их лишь весьма вероятными. Одного факта достаточно, чтобы это утверждение опровергнуть

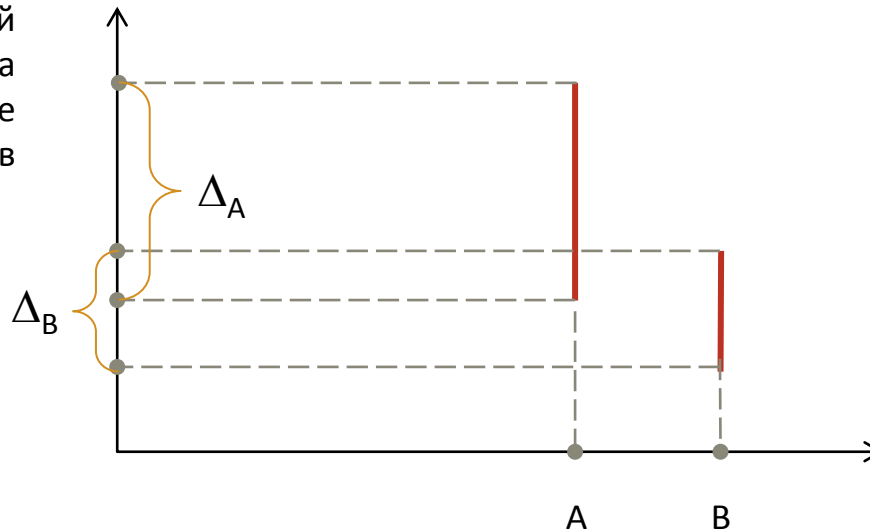
К. Поппер:

- Определения:
 - явления, сопровождаемые актом наблюдения – есть события
 - события, проявляющиеся в самих себе – есть феномены
 - феномены, в которых проявляются сущности, факторизуют физическую реальность на дискретное множество понятий – сущности языка науки
- Требования к понятиям:
 - валидируемость (верификация) с помощью наблюдений
 - фальсифицируемость – возможность экспериментального опровержения

Эволюция «языка науки»

- Гегель, Кант, Аристотель:
 - метафизика и логика = философские аргументы
- К. Гёдель, Р. Карнап:
 - формальный синтаксис понятий vs философские аргументы
- Р. Карнап, А. Тарский, А. Тьюринг, А. Колмогоров:
 - {синтаксис понятий, семантика отношений} + программная модель из конечного числа операторов

информационный
аспект языка
науки с мире
субъектов



К. Поппер:

Научную теорию нельзя проверить на окончательную истинность, **но ее можно опровергнуть** (фальсифицировать):
«мир» объектов и «мир» субъектов
⇒ «мир» научных знаний

материальный аспект явлений
в «мире» объектов