



Санкт-Петербургский
Государственный
Политехнический
Университет

Институт прикладной
математики и механики

КАФЕДРА ТЕЛЕМАТИКА

Философия и методология научного знания

Лекция 3

**Вычислительные аспекты
научных знаний – «существует
то, что можно вычислить».**

28 сентября 2016 г.

План лекции

- Окружающий мир как система. Математические системы описания реальности: алгебра, топология, отношения порядка.
- Теорема Геделя. Координатизация как основа алгебраизации знаний..
- Информационно-вычислительный натурализм.

Рассматриваемые методологические аспекты

- Суть системы – это структура и процессы
- Объекты системы – это предельные состояния процессов, протекающих в условиях ограничений, которые связаны с данной структурой системы
- Процессы можно ощущать, сравнивать и измерять
- Результаты измерений можно кодировать с помощью чисел
- Числа можно хранить, передавать и производить с ними операции, чтобы получить новые сведения о системе.

Онтология знаний

Онтология – система взглядов на проблему.

Суть проблемы: как упростить распространение и обмен знаниями между людьми & как сделать знания объектом «компьютерных наук»

Трудности решения

- Интерпретация смысла текста в контексте «отправителя» и «получателя»
- Автоматизация средств кодирования знаний

Что мешает:

- неполноте формальной арифметики (Теорема Геделя)
- отсутствие технологий формирования алгоритмических знаний

Что имеется:

- Функциональная полнота 2-значной **алгебры логики**

Определение «онтологии» в компьютерных науках

- Онтология – формальное (воспринимается компьютером), явное, точное описание (спецификация) совместно (человек и компьютер) используемой концептуализации.
- Концептуализация – абстрактное упрощенное представление системы (мира), которое создается для некоторых целей.

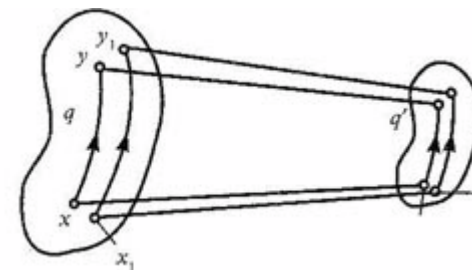
Итак, онтология спецификация концептуализации, которая используется как компьютером, так и человеком.

Феномен системы – «алгебраические» уточнения

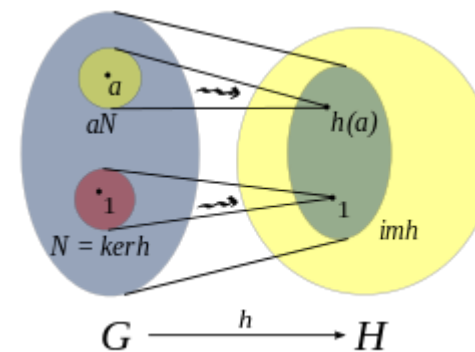
-**феномен системы связан** с существованием **структуры** – логически целостного описания системы как «составного объекта». Существующие технологии получения формальных знаний основаны на «декомпозиции» **целого на части**.
- Однако, система порождает **законы «движения»**, которые **изменяя объекты системы** не изменяют ее структуру.
- Другими словами, структура системы инвариантна к изменениям, которые следуют **определенным законам**. Задача науки – сформировать «систему знаний», которая позволяет открыть эти законы !
- **Координатизации** - суть алгебраизации процесса построения «модели мира» или **отображения (гомоморфизм) объектов Мира на числоподобные множества ?**

Пояснения - греч. *isos* одинаковый, *homoios* подобный и *morphe* форма

- **Изоморфизм** Две системы, рассматриваемые отвлеченно от природы составляющих их элементов, являются изоморфными друг другу, если каждому элементу первой системы соответствует лишь один элемент второй и каждой связи в одной системе соответствует связь в другой и обратно



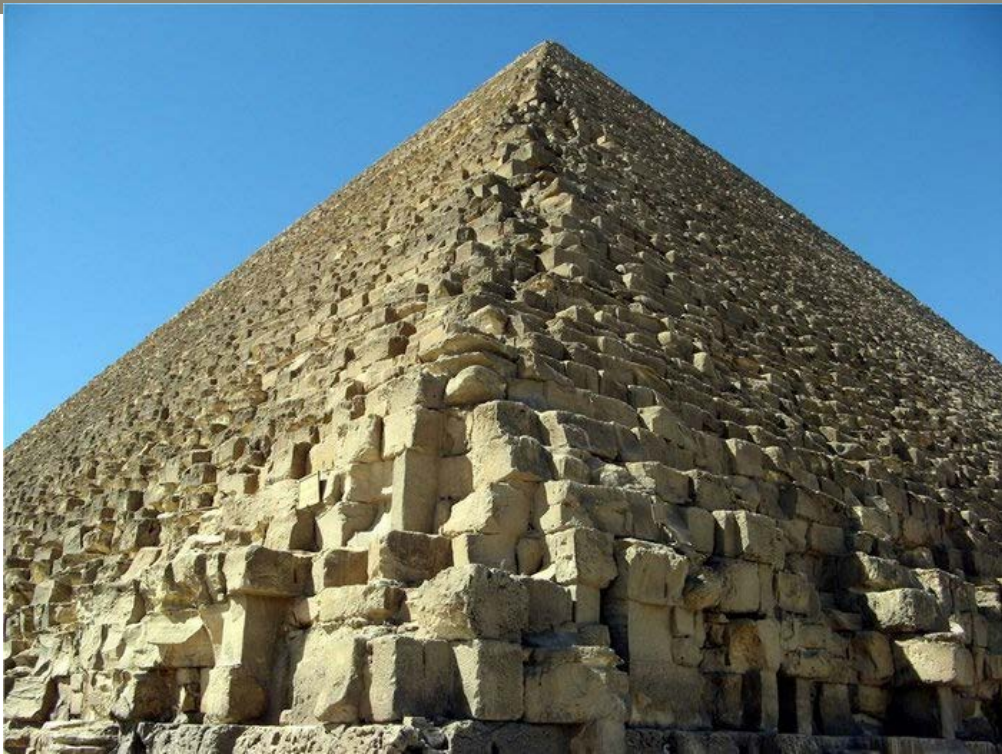
- **Гомоморфизм** отличается от ИЗОМОРФИЗМА тем, что соответствие объектов (систем) однозначно лишь в одну сторону (напр., отношение между картиной и местностью, между грамзаписью и ее оригиналом звуковыми колебаниями воздушной среды).



Формальные признаки системы

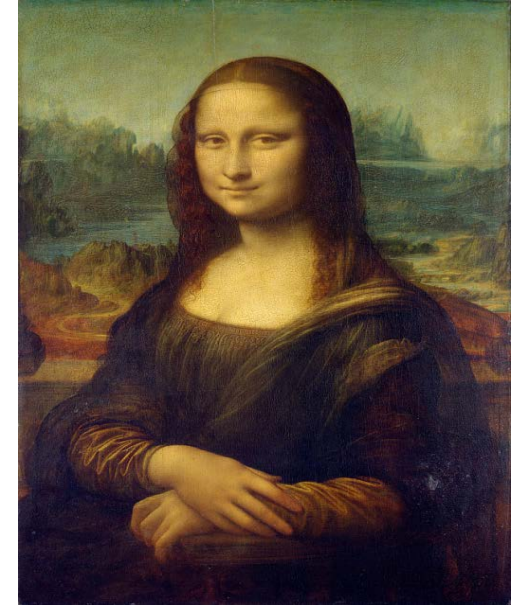
- **Целостность.** Элементы, входящие в систему могут различаться по функциям и свойствам, но при этом они являются совместимыми, и функционируют, как единое целое.
- **Связанность.** Элементы взаимосвязаны и эти связи «сильнее» связей этих же элементов с внешней средой.
- **Эмерджентность.** Система может обладать свойствами неприсущими ни одному элементу системы.
- **Синергия.** Функциональность системы превосходят «суммарные» возможности всех элементов системы.

Мир как система



Модели мира это:

Системное
описание
неоднородности
распределения
энергии и
вещества в
пространстве и
времени



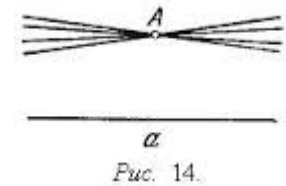
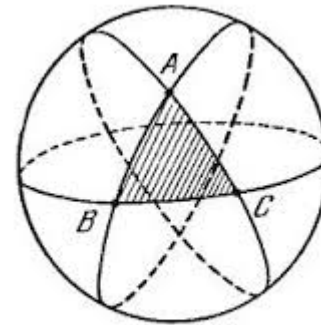
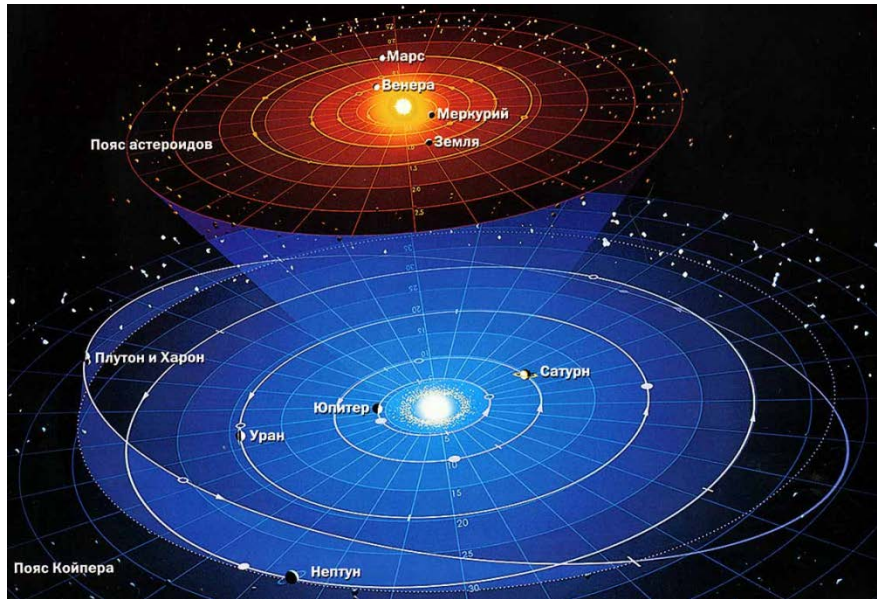
Теорема Геделя о неполноте формальных систем

Формулировка: «Логическая полнота или неполнота любой формальной системы (системы построенной на основе аксиом) не может быть доказана в рамках этой системы. Для доказательства или опровержения требуются дополнительные аксиомы (усиление системы)».

или так – «Всякая система математических аксиом начиная с определенного уровня сложности либо внутренне противоречива, либо неполна».

- Следствие - доказательство принципиальных различий между человеческим мозгом и компьютером. Компьютер действует строго логически и не способен определить, истинно или ложно утверждение A , если оно выходит за рамки аксиоматики. Человек же, столкнувшись с логически недоказуемым и непроверяемым утверждением A , всегда способен определить его истинность или ложность — исходя из повседневного опыта или интуиции

Неполнота – это



Конструкция формального языка, которая не может быть однозначно разобрана:

if A then if B then C else D

Неоднозначность расстановки скобок и является причиной появления противоречий



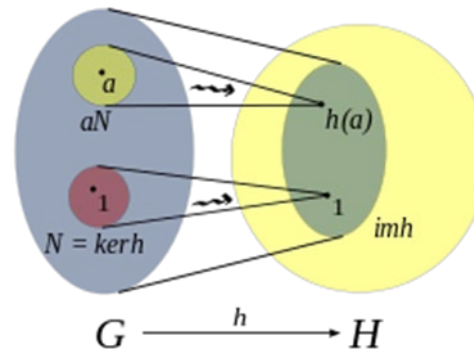
Алгебраическая модель мира – упрощение, исключаящее неоднозначность

- Человек может ориентироваться во внешнем мире, опираясь геометро-алгебраический дуализм:
 - 1) **на органы чувств**, опыт манипулирования предметами и интуицию.
 - 2) **измеряя субъективные ощущения**, т.е. превращая их в знаки – числа, которые способны сохраняться, передаваться другим лицам, «вычислять» новые данные о предметах, бывших объектом измерения
- Трудности моделирования возникают при попытке характеризовать любое явление при помощи общих свойств. Например, нельзя дать «определение» **конкретного человека**, но можно указать его «**паспортные данные**» или указать несколько типовых случаев из его биографии (окончил школу, университете, военную академию).
- Выбирая путь 2) – мы выбираем алгебру. Галилей сформулировал идею координатизации - **измерять все, что измеримо, и делать измеримым все, что таковым еще не является .**

Как можно выразить результат измерения?

- Известными числами (\mathbb{N} , \mathbb{Z} , \mathbb{Q})
- Расширением чисел (\mathbb{R} , \mathbb{C})
- Числоподобными объектами – векторами, матрицами, кватернионы, алгебры, операторы, p -адическими числами.

Итак, мир числоподобных объектов так же многообразен как и мир физических объектов. Тем не менее их отображение есть гомоморфизм



Объекты, служащие координатами, должны быть индивидуализируемыми, достаточно абстрактны, отражать свойства, общие широкому кругу явлений, но ... в Мире есть объекты и понятия, **которые «измеримыми» быть не могут**

Существует изоморфизм понятий

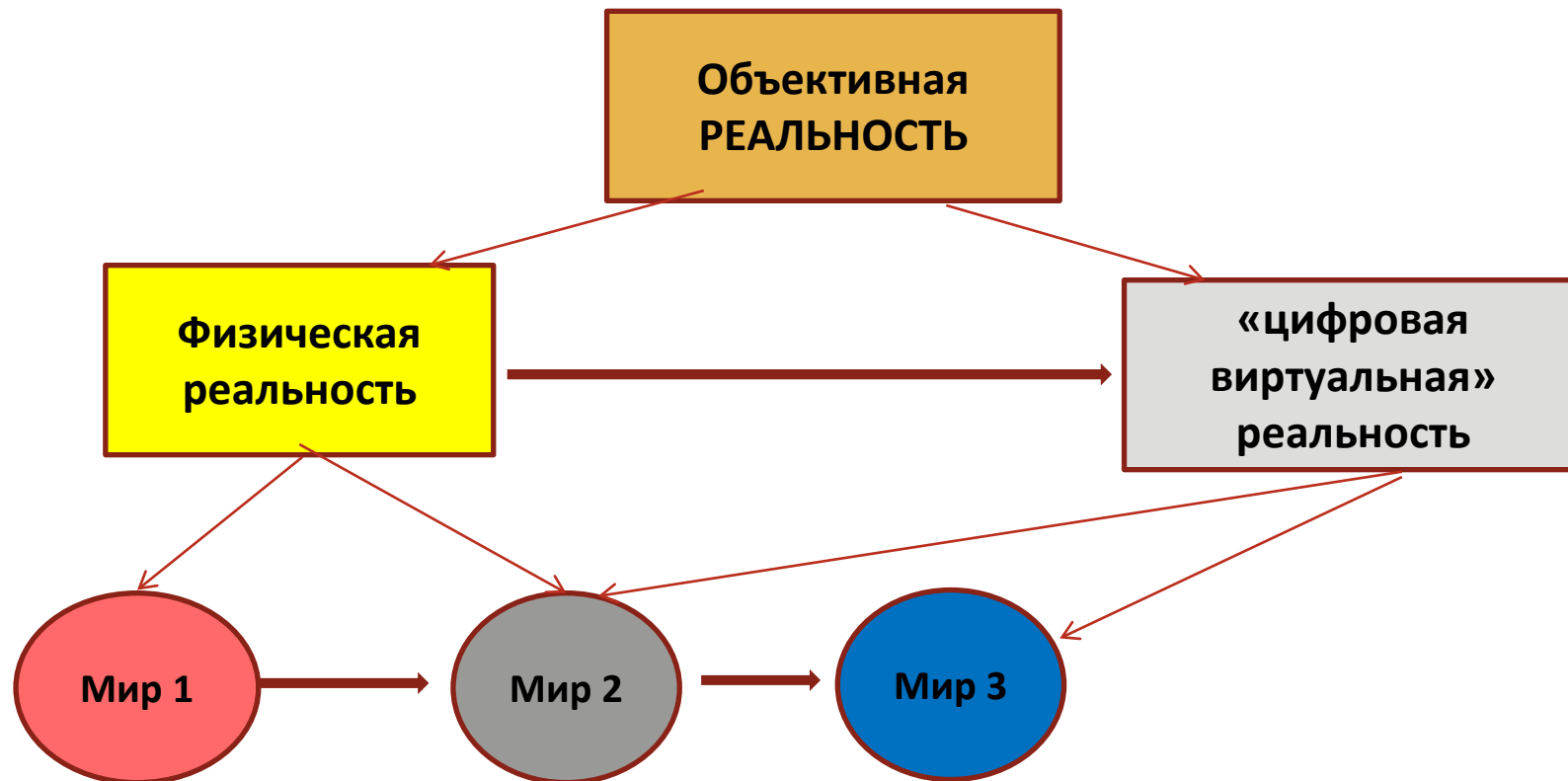
Физические понятия	Математические понятия
Состояние физической системы	Прямая в бесконечномерном комплексном гильбертовом пространстве
Скалярная физическая величина	Самосопряженный оператор
Одновременно измеримые величины	Коммутирующие операторы
Величина, имеющая точное значение x в состоянии f	Оператор, для которого f – собственный вектор с собственным значением x
Множество значений величины, которые можно получить путем измерения	Спектр оператора
Вероятность перехода из состояния f в состояние q	$ (f,q) $, где $ f = q =1$

Модели реальности К. Поппера:

- Физический мир (Мир-1) **порождает** Ментальный мир (Мир-2)
- Ментальный Мир **порождает** Мир идеальных объектов (Мир-3) (или мир продуктов сознания)

Мир-3 является **трансцендентным** (то есть находится вне физической реальности, являясь виртуальной цифровой сущностью), но обладает функциональной автономностью и **способен к саморазвитию (Самоорганизации) за счет «вычисления» потенциально возможных состояний (!?)**.

Концепция « кибер-физической реальности » информационно-вычислительный натурализм



Физический мир (мир 1 физических объектов); Ментальный мир (мир 2 сознания человека); Мир идеальных объектов (мир 3 объективного знания о свойствах реальности).

Итак, система – это.....

- четко упорядоченная совокупность нескольких элементов, которые представляют собой **единое целое**, а все элементы системы подчиняются **законам** и взаимосвязаны через введенную систему координат (координатизацию)

Примеры:

математическая система

физическая система

Нервная система

....

Язык для описания алгебраических систем:

- Одним из важнейших языков для выражения свойств **алгебраических систем** является язык тождеств. Тождеством называют **равенство буквенных выражений**, справедливое при всех значениях входящих в него букв.
- Понятие тождества является уникальным по "дистанции" охватываемых свойств: от тривиальных фактов до научных проблем.

Что определяют тождества

Тождества задают **свойство операций** (сложения и умножения) над элементами несущего множества, например, **переместительный** закон :

$$x + y = y + x, x \cdot y = y \cdot x. \quad (1)$$

к этому закону добавляется **сочетательный**, означающий выполнение свойства ассоциативности:

$$(x + y) + z = x + (y + z), (x \cdot y) \cdot z = x \cdot (y \cdot z). \quad (2)$$

и распределительный закон, означающий выполнение дистрибутивного закона

$$x \cdot (y + z) = x \cdot y + x \cdot z, (y + z) \cdot x = y \cdot x + z \cdot x. \quad (3)$$

Указанные тождества распространяются на целые числа, рациональные, действительные числа. Итак, основные типы алгебраических систем и определяются в терминах тождеств.

Примеры

Полугруппа - это множество с одной ассоциативной операцией; если эта операция обозначена символом \circ , то ассоциативность означает выполнение тождества

$$(x \circ y) \circ z = x \circ (y \circ z).$$

В частности, если такая операция названа сложением [умножением], то полугруппа определяется первым [вторым] из тождеств (2); Так, множество всех натуральных чисел \mathbb{N} является полугруппой и относительно сложения, и относительно умножения.

Группа может быть определена как полугруппа (с операцией, обозначенной, скажем, символом \circ), на которой задана дополнительная операция, сопоставляющая любому элементу x элемент, обозначаемый x' , причем кроме тождества ассоциативности выполнены тождества

$$x \circ x' = x' \circ x, (x \circ x') \circ y = y \circ (x \circ x') = y.$$

Группой, например, будет **множество всех целых чисел**, если в качестве операции \circ взять **сложение**, а роль x' будет играть **элемент -x**.

Примеры

Кольцо определяется как множество с двумя операциями, называемыми обычно сложением и умножением, и дополнительной операцией, сопоставляющей любому элементу x элемент $-x$, причем относительно сложения и указанной дополнительной операции это группа, сложение коммутативно, т. е. выполнено первое из тождеств (1), а сложение и умножение связаны тождествами дистрибутивности (3).

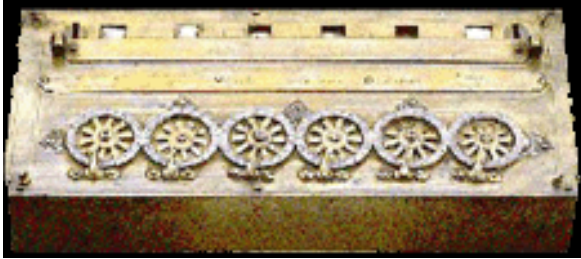
Простейший пример кольца - **множество всех целых чисел Z** относительно обычных операций сложения и умножения.

Итак, из любого тождества, выполняющегося в данной алгебраической системе, можно вывести бесконечно много других тождеств, выполняющихся в той же системе. **Вопрос** - могут ли все тождества, выполняющиеся в данной алгебраической системе, быть выведены из **конечного числа таких тождеств**.
Это так называемая проблема конечного базиса .

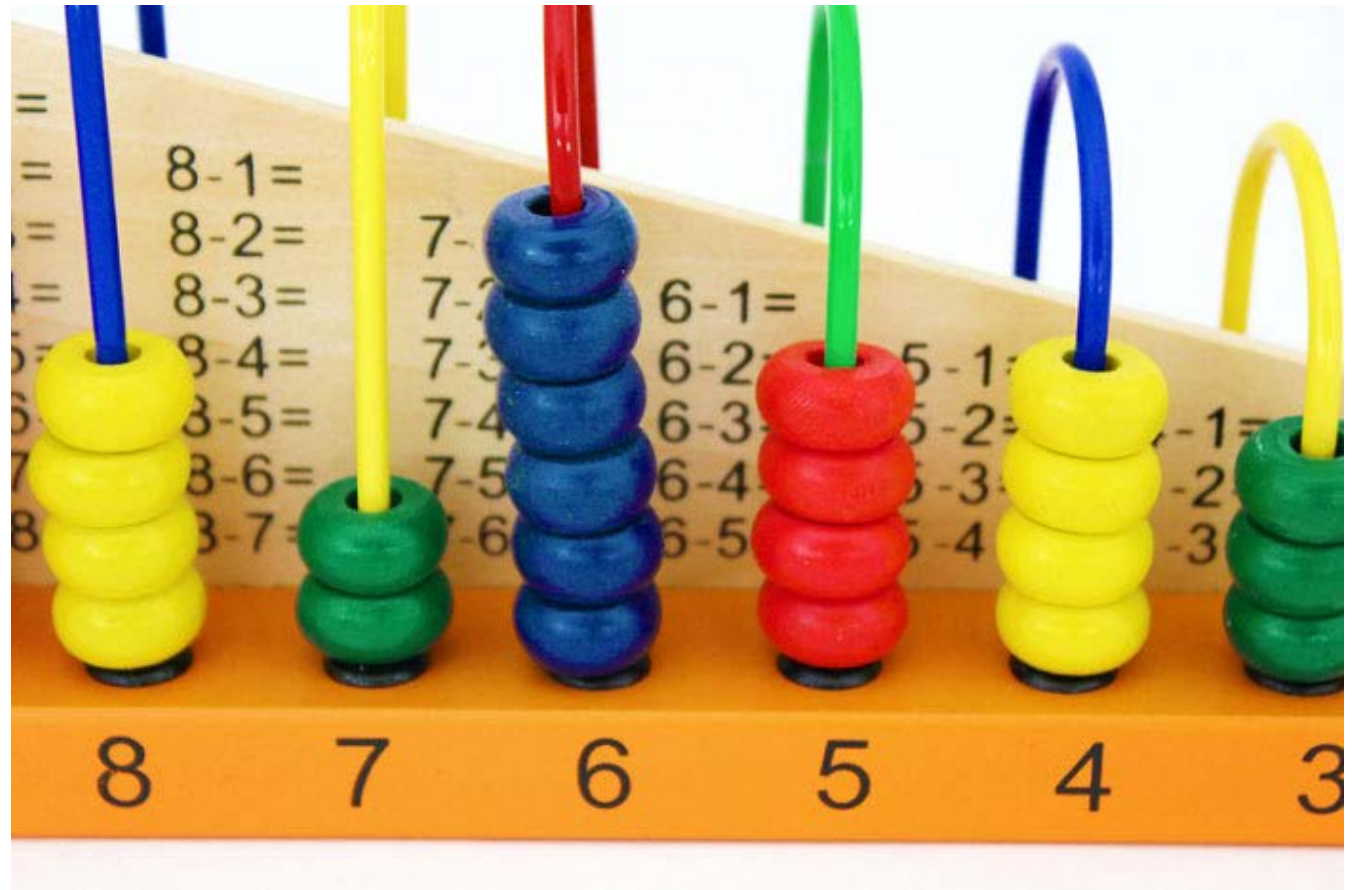
Многообразия как объект образованный тождествами

- Многообразием принято называть всякий класс **алгебраических систем**, который может быть задан некоторой совокупностью тождеств.
- Важными примерами многообразий являются класс всех полугрупп, **класс всех групп, класс всех колец**. У каждого из них имеется бесконечно много подклассов, также являющихся многообразиями; они называются подмногообразиями.
- Подмногообразия любого многообразия образуют так **называемую решетку** (определение решетки также может быть дано на языке тождеств). всякое линейно упорядоченное множество; если $a \leq b$ то $\sup (a , b) = b$;

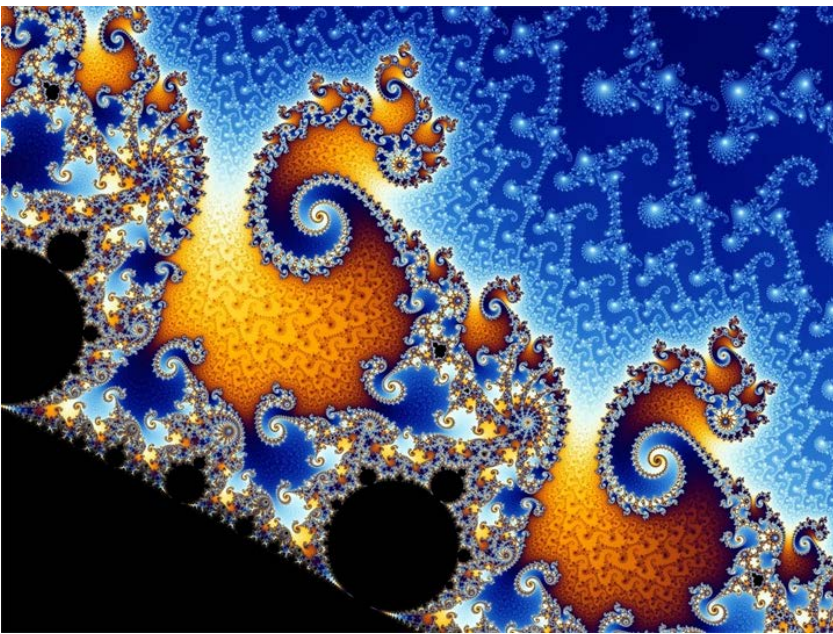
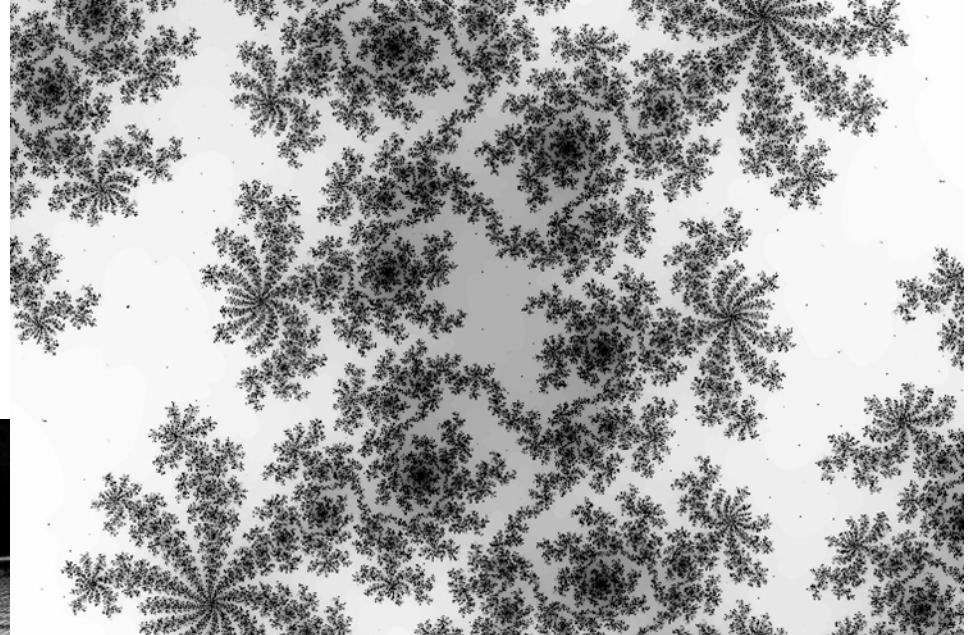
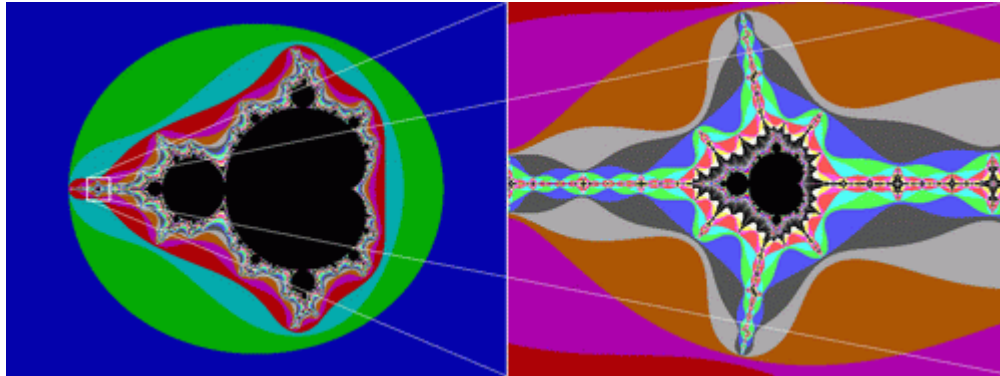
Арифметические кольца



«Колеса Паскаля»
(Blaise Pascal,
1623-1662) с
помощью которых
можно было
производить
арифметические
операции



Алгебраические группы – модели симметрии Мира



Выводы: Мир как динамическое множество (множество объектов и процессов)

- Итак, в универсальной алгебре — множество G с заданным на нём набором операций ($+$, $-$, $*$, $/$..) и отношений ($>$, $<$, $=$...) удовлетворяющая некоторой системе аксиом называется алгебраической системой (алгебраической структурой)
- Пример: Множество N всех натуральных чисел можно рассматривать как алгебраическую систему с одной операцией сложения;
или с одной операцией умножения;
или с набором из двух указанных операций;
или, с набором, который состоит из двух указанных операций и бесконечного множества операций возведения произвольного числа во всевозможные степени с натуральным показателем.

.....

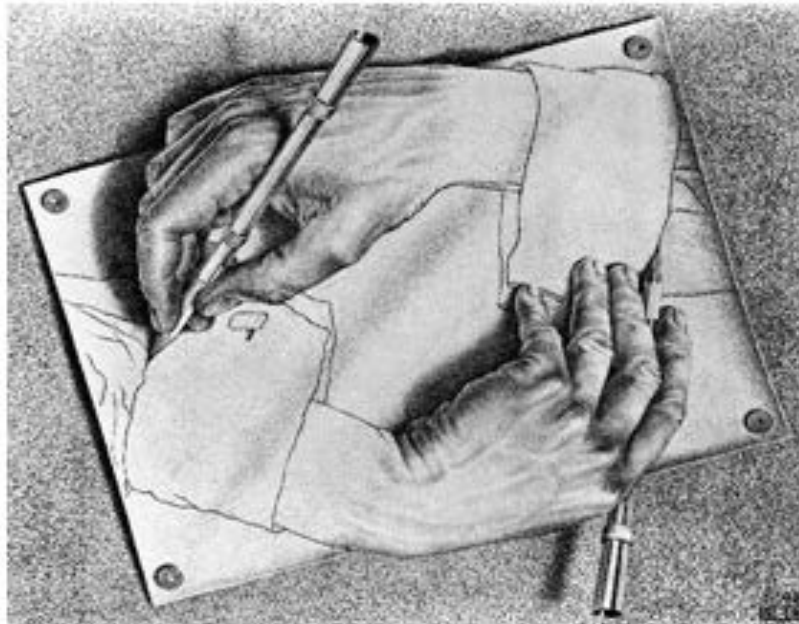
Таким образом, одно и то же множество (в данном примере - N) может быть превращено в разные алгебраические системы.

Операции в алгебре и в реальном мире

- Алгебраические операции естественно рассматривать не только на числовых множествах, но и, например, на множествах векторов, функций, матриц, цепочек сигналов и многих других множествах, служащих «координатами» объектов реальности.

ИНФОРМАЦИЯ в Математических и реальных СИСТЕМАХ

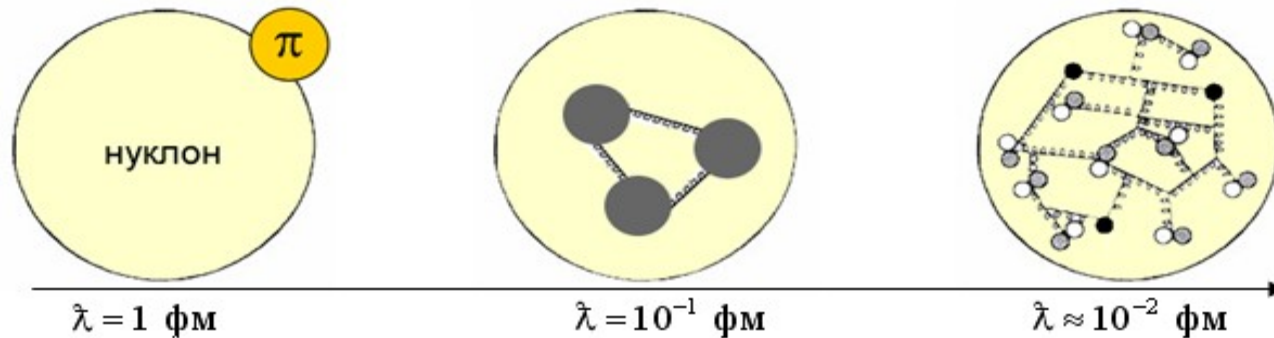
Картина Эшера рисующие руки



Пример взаимного сосоздания и циркулярной причинности.
Метафора странной петли Хофштаттера

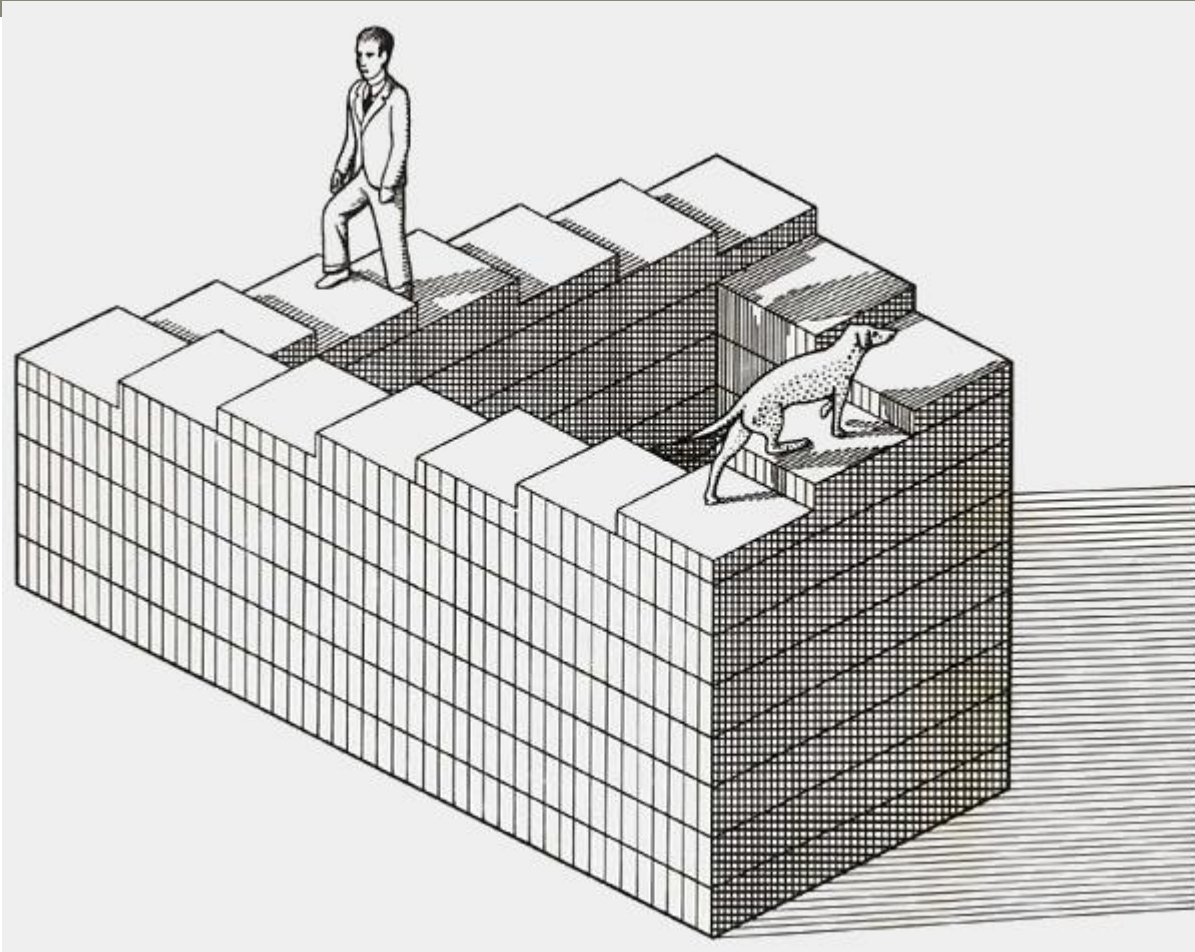


Точность «информации» - конечная величина



- Структура , объекта, которая открывается /получается в результате измерения, «зависит» от того каков масштаб меры, т.е. результат «координатизации» и зависит от того кто и как смотрит на объект! (мера – это длина волны фотона, от его частоты зависит точность)

Информационно-вычислительный натурализм



Реально существует то, что вычислимо ! ? ? , а
вычисления – результат координатизации реальности.



Современная Модель Мира



Разлет во тьму

Во Вселенной преобладает загадочная темная энергия, сохраняющая постоянную плотность и действующая как антигравитация — сила взаимного отталкивания материи. Пространство расширяется все быстрее. Материя разрежается. Так будет продолжаться целую вечность. Но в конце концов все материальные структуры расплывутся.

Через 10^{100} лет

В мировом пространстве сохраняются только сверхдлинноволновое электромагнитное излучение и элементарные частицы типа электронов и нейтрино. Температура в абсолютно темной и невероятно раздувшейся Вселенной приближается к абсолютному нулю.

Через 10^{80} лет
Происходит распад плотной — «страничных кирпичиков» ядер атомов. В массе остаются лишь черные дыры. За счет квантовых эффектов они тоже испускают энергию в процессе вращения и медленно испаряются.

Через 10^{64} лет
Вселенная наполнена только черными дырами и «остатками» звезд нейтронных звезд, коричневых и белых карликов. Времени от времени при столкновении двух коричневых карликов темное пространство озарит вспышка нового света!

Через 10^{11} (сто миллиардов) лет
Разношерстная темная энергия скопления галактик разлетаются за пределы видимости.

Наше время
Пик Звездной эры

13,2 миллиарда лет назад
Формируются первые галактики

13,6 миллиарда лет назад
Зажигаются первые звезды

13,7 миллиарда лет назад
Большой взрыв — рождение Вселенной

Пять миллиардов лет назад
Во Вселенной начинает превалировать темная энергия, которая расширяет космическую материю изнутри и вызывает ее ускоряющийся разлет.

Темная энергия — антигравитация

Гравитация

Т.М. - гипотетическая форма материи, которая не испускает электромагнитного излучения и напрямую не взаимодействует с ним

План лекции

- История развития наук
 - до XVIII века
 - в XVIII-XIX вв.
 - XX веке

Что будем изучать

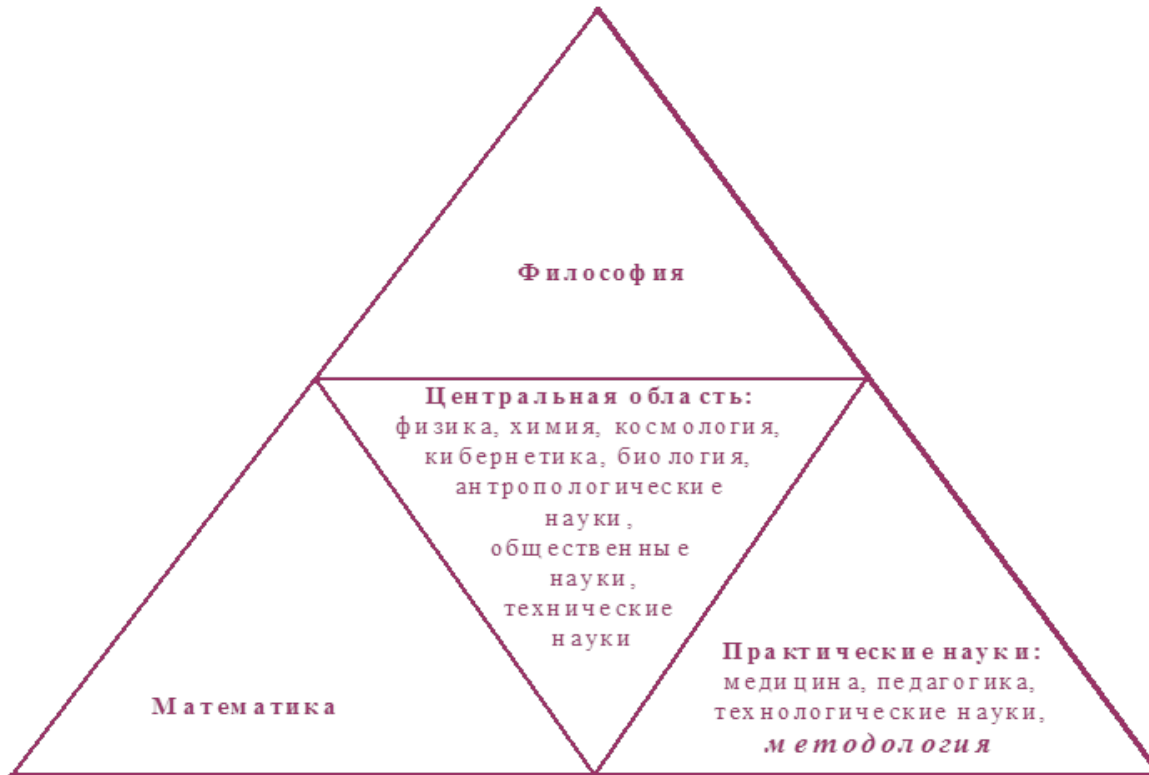
- От созерцания к изменению реальности
- Формирование представлений о методологии применения вычислителей
- Основные идеи, реализованные создателями вычислительных устройств
- Физические пределы развития вычислительных технологий

Будем рассматривать «науку» - как сферу деятельности людей связанная с выработкой и теоретической систематизацией объективных знаний о действительности

Объект и предмет «науки»

- Объект науки – (отвечает на вопрос «что») состояния бытия, а также теоретические конструкции, которым нет непосредственного аналога в природном окружении, которые отражаются в сознании и становятся сферой приложения активности субъекта.
- Субъект – (отвечает на вопрос «кто») – человек, использующий знания о состоянии бытия в целях реализации своих активностей
- Предмет науки –(отвечает на вопрос «как») закономерности взаимодействия элементов, развития, свойства, качества состояний бытия

Структура научного знания



Три основные формы «существования» научных знаний:

- философия,
- математические теории,
- технологии (различающиеся предметом и приложениями)

Классификация по предметным областям:

- математические,
- естественные,
- гуманитарные,
- технические

- Под знанием понимают словесную или цифровую форму представления и систематизации результатов познавательной деятельности человека, отражающую объективные закономерные существования реального мира

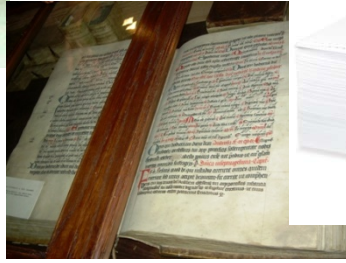
Принципы научного познания

- **Детерминизма** – все явления, в том числе и случайные, в основе имеют всеобщие (объективные) свойства причинности
- **Дополнительности** – свойства объекта проявляются в зависимости от условий и характера взаимодействия с познающим субъектом
- **Соответствия** – с появлением новых более общих теорий, ранее установленные экспериментальные факты сохраняют свое значение.

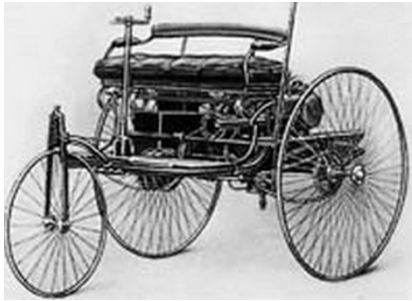
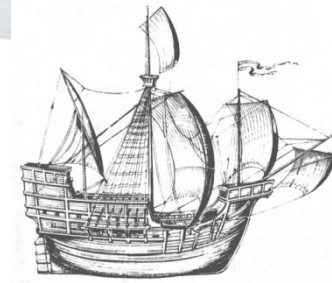
Проблемные аспекты состояния знаний

- Научная проблема – форма организации знания, объектом которого является не непосредственная предметная реальность, а **состояние научного знания** об этой реальности.
- Текущий уровень развития науки характеризуется определенными **ограничениями** на «обоснованность» или «точность» полученных результатов в конкретной области знаний (принцип «неопределенности»)

10 «самых великих» открытий и изобретений человека



Огонь, колесо,
письменность, бумага,
парус, порох, автомобиль,
лампочка, телефон-радио,
антибиотики



790 тыс. лет назад

Хронология изобретений и «извлечения» знаний

Палеолит

- 2,6 млн лет назад: Обработка камня в Африке
- 2-1,5 млн лет назад: Начало освоения огня.
- 37 тыс. лет назад: **Счётные палочки в Африке** (Свазиленд)[14]
- 35 тыс. лет назад: Первые художественные произведения (Африка).
- 29-25 тыс. лет назад: Керамика в Европе
- 15 тыс. лет назад: Бумеранг в Австралии

Неолит

- 9500 г. до н. э.: Зернохранилище в долине реки Иордан
- 6200 г. до н. э.: Карта
- 4000 г. до н. э. Цемент в Древнем Египте, Бронза: Сузы (Иран), Луристан (Иран)
- 3000 г. до н. э.: Гончарный круг в Древнем Египте
- 1800 г. до н. э.: Алфавит в Финикии

1 тысячелетие до н. э.

- VII век до н. э.: Монеты в Китае и Лидии.
- V век до н. э.: Катапульта в Сиракузах (Италия)
- IV век до н. э.: Компас в Древнем Китае
- 250-й года до н. э.: Архимедов винт: Архимед
- 150-й год до н. э.: Астролябия: Гиппарх
- II век до н. э.: Пергамент в Пергаме (Малая Азия)
- 87-й год до н. э.: Антикитерский астрономический вычислитель на базе многоступенчатого редуктора (с использованием дифференциала) (Греция).

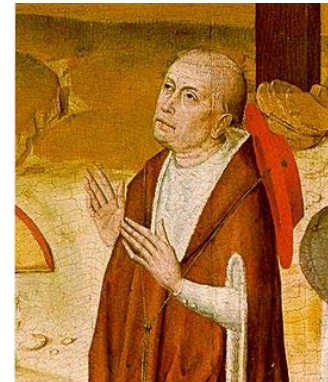


Первое тысячелетие

- 105: Бумага: Цай Лунь, Китай
- 132: Простейший сейсмометр, Китай
- III век: Тачка , Китай
- III век: Подкова в Германии
- VI век-VIII век: Фарфор в Китае
- VI—IX век: Гравюра на дереве (ксилография)
- VII век: Шахматы в Индии[45]
- VII век: Ветряная мельница в Персии
- IX век: Дымный (чёрный) порох в Китае
- 852: Парашют: Аббас ибн Фирнас, Кордовский халифат
- 875: Дельтаплан: Аббас ибн Фирнас, Кордовский халифат
- 1128: Пушка в Китае

XIII век

- ок. 1200: Стеклоанное зеркало в Европе
- 1232: Неуправляемые реактивные снаряды класса «земля — земля» применены Китаем в бою с монголами[48]
- 1232: В Китае используют воздушные змеи для связи в войсках
- 1280: Очки в Италии
- 1335: Механические башенные часы в Милане
- Середина XIV века: Астрономические часы
- 1440: Первый гигрометр из шерсти: **Николай Кузанский**
(сформулировал натурфилософские представления - Вселенная бесконечна, и у неё нет центра, каждый наблюдатель вправе считать себя неподвижным)



XVI век

- Ок. 1500: Современные ножницы: Леонардо да Винчи
- Ок. 1500: Подшипник качения: Леонардо да Винчи
- 1510: Карманные часы: Петер Хенляйн.
- 1525: Зернистый порох в Европе.
- 1535: В Италии построили стеклянный водолазный колокол
- 1565: Карандаш: Конрад Геснер
- 1569: Фламандский картограф Герард Меркатор опубликовал карту мира в новой проекции,
- 1589 Вязальный станок: Уильям Ли
- 1590: Микроскоп: Ханс Янссен
- 1593: Термоскоп (термометр): Галилео Галилей



XVII век

- 1617: Джон Непер создал деревянную машину для выполнения простейших вычислений — палочки Непера
- 1620: Логарифмическая линейка: Уильям Отред
- 1623: Механический калькулятор (Арифмометр): Вильгельм Шиккард
- 1642: Суммирующая машина Паскаля:
- 1645: Паскаль изобрёл механическую счётную машину
- 1666: Роберт Гук изобретает винтовые зубчатые
- 1673: Готфрид Вильгельм Лейбниц изготовил арифмометр, позволявший легко выполнять вычитание, умножение и деление
- 1677: Симон Гутовский построил первый станок печати гравюр на меди.
- 1683: Усовершенствование конструкции прямоугольной логарифмической линейки: Томас Эверард

- 1832: Электрический телеграф: Павел Львович Шиллинг
- 1833: Аналитическая машина (прообраз компьютера): Чарльз Бэббидж
- 1838: Азбука Морзе: Сэмюэл Морзе
- 1876: Телефон: Александер Белл
- 1893: Радиопередатчик: Никола Тесла
- 1895: Радиоприёмник : Александр Попов
- 1919: Триггер: М. А. Бонч-Бруевич,
- 1922: кристадин (эффект отрицательного сопротивления)
— прообраз транзистора: **Олег Лосев**
(получил учёную степень кандидата физико-математических наук в Политехническом институте, СПб, 1903-1942)
- 1925: иконоскоп: Владимир Зворыкин
- 1947: Транзистор: Уильям Шокли, Уолтер Браттейн, Джон Бардин



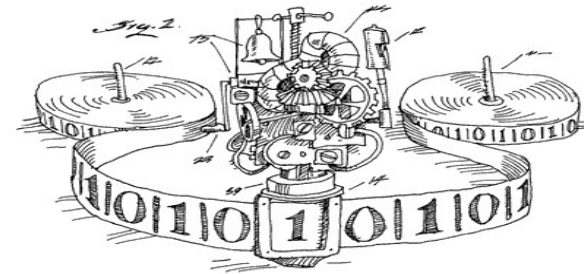
Как возникают научные знания и как они соотносятся с действительностью

- Научное знания связано с:
 - формальным описанием,
 - содержательным объяснением
 - предсказанием свойств наблюдаемой действительности.

- Фундаментальные вопросы :
 - описать **как** ? (словами или цифрами)
 - объяснить с помощью - **чего** ? (примеров или чисел)
 - предсказать - **что** ? (траекторию, свойства, параметры)

Идея описания реальности на основе «механических» вычислений

- В основе описания количественных свойств реальности лежат числа. Операции с числами или вычислительные операции являются «механическими» действиями с символами. «Смысл» символов на правила «счета» не влияют.
- Так как вычисления «чувствительны» только к правилам синтаксиса, т.е. отношений между символами. Эти отношения-операции могут быть реализованы с помощью простых «механических манипуляций» с символами-кодами.



Два вопроса «компьютерных» наук

- Первый: **почему** физическая реальность может быть описана при помощи числовых моделей, отражающих различные математические отношения?
- Второй: насколько «**реальны**» в действительности математические абстракции, используемые для описания физической реальности?

- Используемые математические объекты совершенно не обязаны быть реальными в физическом смысле. В природе числа 0, как физического объекта, не существует. В природе **нет специальных "механизмов"**, которые бы его реализовывали процесс «движения». Материя просто существует и «вычисляет самую себя».
- «Математический порядок» как основа научных представлений о мире - плод деятельности разума по упорядочиванию экспериментальных фактов.

Возможное «научное» объяснение

- Объективно замечено, что описание явлений с помощью понятий и моделей следует принципу **максимума энтропии** .
- **Этот** принцип приводит к тому, что «правильное» описание обладает максимумом неопределенности. В физике, это соответствует движению в сторону «хаоса», т.е. «заставляет» любые системы стремиться к уменьшению имеющейся у них информации.

Так модель Птолемея имела точность выше, чем модель Коперника, но была сложна, поэтому отвергнута.

А. Эйнштейн: "В нашем стремлении понять реальность мы отчасти подобны человеку, который хочет понять механизм закрытых часов... Он может нарисовать себе некоторую картину механизма, которая отвечала бы всему, что он наблюдает, но никогда не может быть уверен в том, что его картина единственная, которая могла бы объяснить эти наблюдения".

Исчислимые объекты реальности

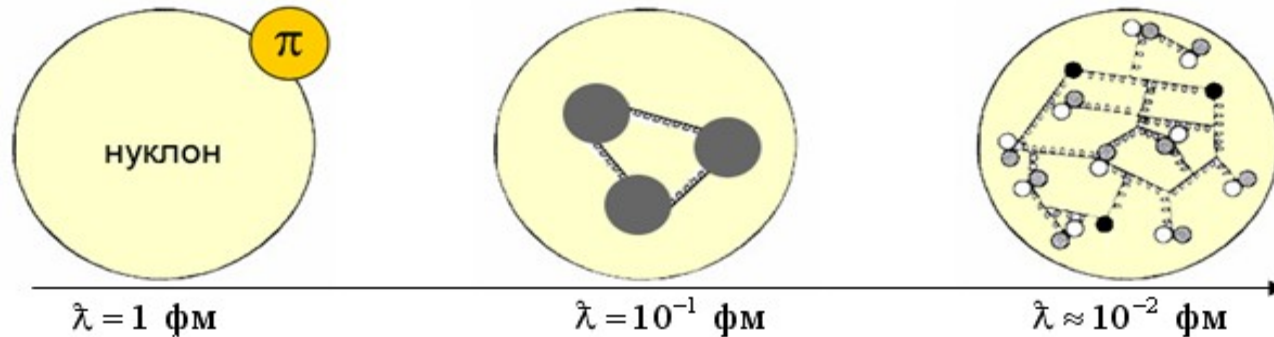
Математика как наука для адекватного описания любых величин, сущностей и т.п. абстракций, от которых требуется только быть **исчислимыми**.

- «Количественные» модели можно построить для исчислимых (т.е. измеримых) объектов, т.е. таких которые обладают следующими свойствами:
- 1) делимость; 2) однородность (сохранение при делении).
- Базовой математической операцией при построении математических моделей является сложение. Все остальные операции (вычитание, умножение, деление, возведение в степень, логарифмирование, интегрирование и дифференцирование и т.п.) можно индуцировать из сложения. Свойства операции сложения определяются аксиомами:
- $a+b=b+a$; (**симметрия**), $(a+b)+c=a+(b+c)$; (**ассоциация**), $(a+0)=a$. (**наличие нуля**)

Дискретное значит «делимое». Делимое значит «вычисляемые»: compute ergo sum

- Физическая реальность обретает свое существование через измерения, результат которых - **конечные** числа.
- Мышление (переработку результатов измерений) основано на конечной совокупности отдельных понятий.
- В процессе мышления числа – это **метаформы** свойств, т.е. с помощью чисел происходит перенос свойств физической реальности на объекты «числового поля». Свойства «числового поля» изучает математика, а интерпретация этих свойств на основе результатов измерений – физика.

Точность «дискретизации» - конечная величина



- Структура , объекта, которая открывается /получается в результате измерения, «зависит» от того каков масштаб меры, т.е. результат «относительный» и зависит от того кто и как смотрит на объект!
(мера – это длина волны фотона, от его частоты зависит точность)

Итак, существуют

- Науки компьютерные и некомпьютерные
- Тенденция такова, что компьютерные науки вытесняют не компьютерные»

computer = устройство для счета

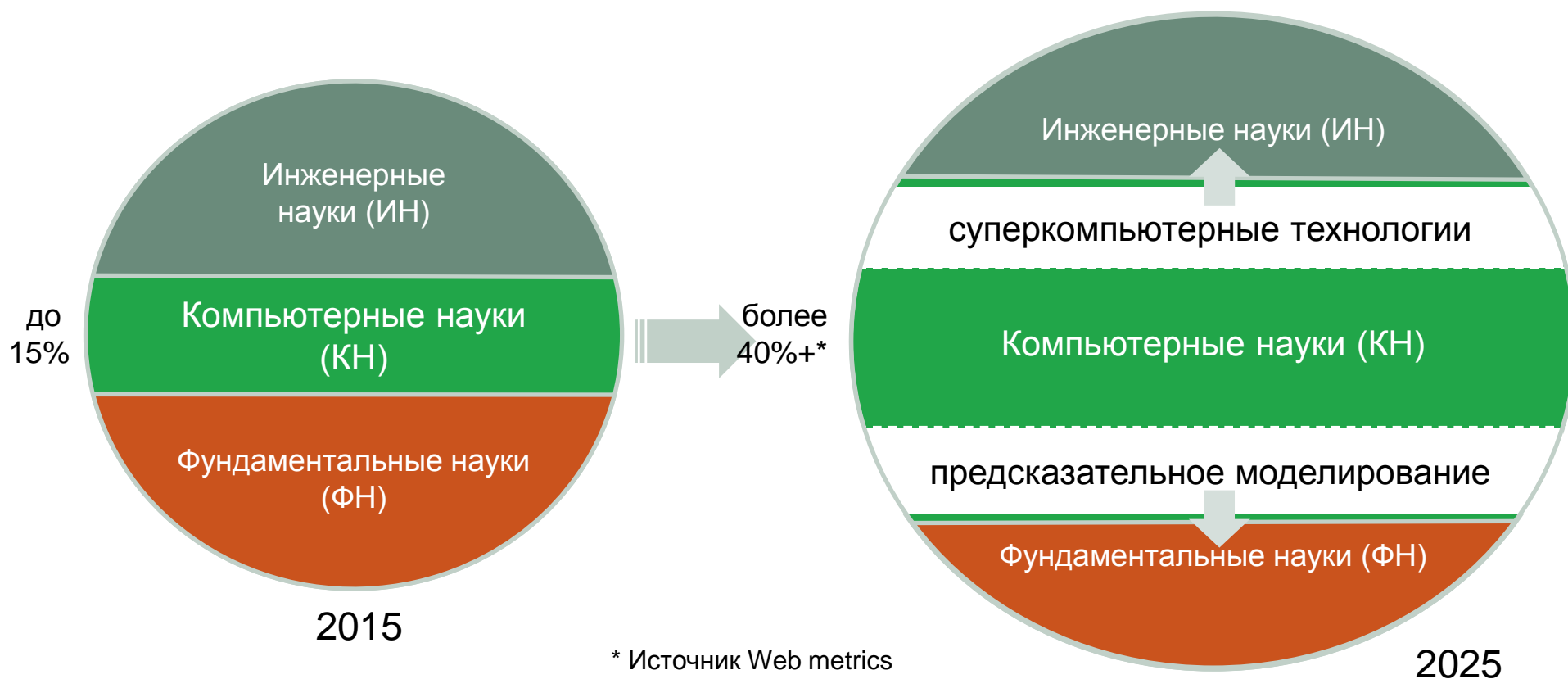
- Считается, что создатель первой вычислительной машины с программным обеспечением - Чарльз Бэббидж (Charles Babbage: 1791–1871).

Создал машину для вычисления астрономических и математических таблиц (прежде всего таблиц логарифмов и таблиц тригонометрических функций).

Работа машины основывалась на методе конечных разностей

Тенденции развития наук

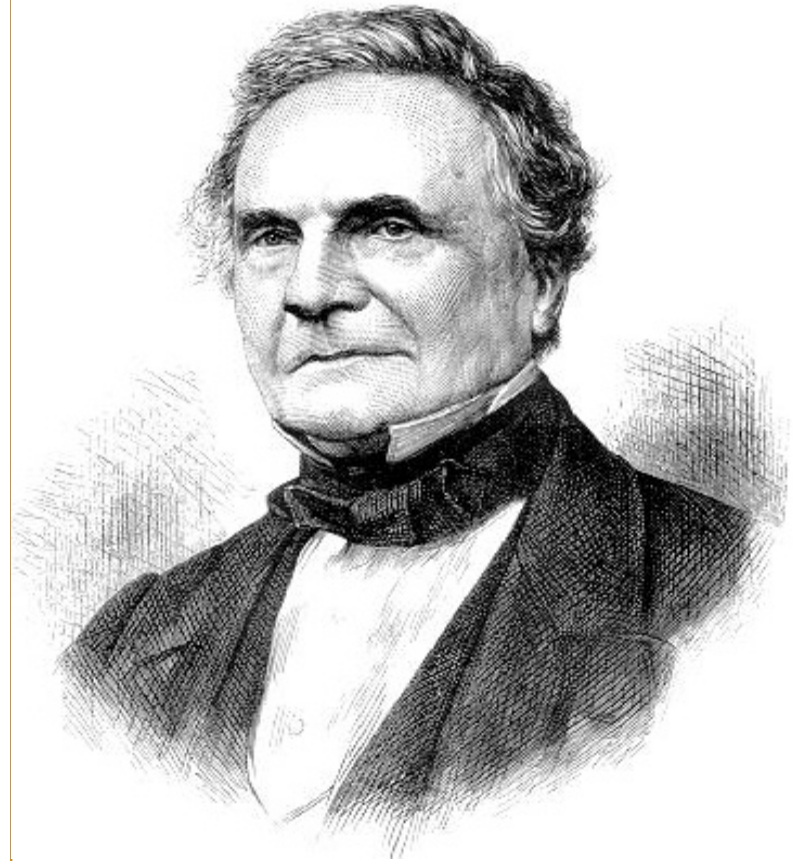
- Переход инженерных и фундаментальных знаний в компьютерные программы отражает новый принцип использования знаний



С чего это началось: программно-управляемая машина

В середине XIX века английский математик Чарльз Бэббидж выдвинул идею создания программно-управляемой счетной машины, имеющей:

- арифметическое устройство,
- устройство управления,
- устройства ввода и печати.

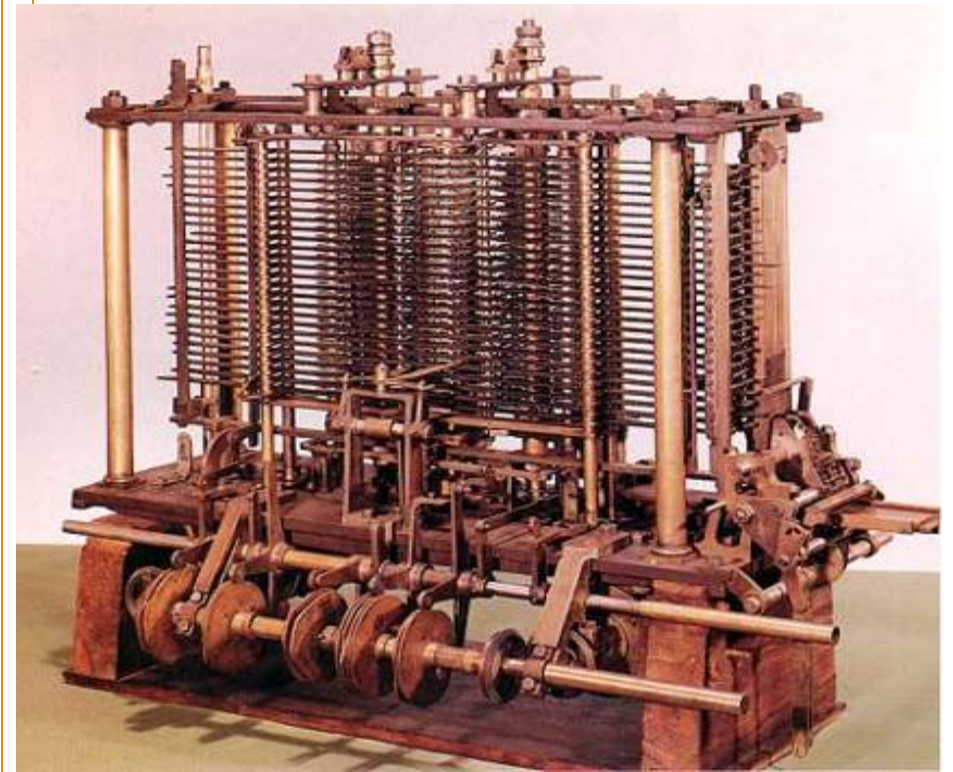


Чарльз Бэббидж. (26.12.1791 - 18.10.1871)

Конструкция машины

«Большую» машину в 19 веке построить не удалось.

Но аналитическую машину Бэббиджа по сохранившимся описаниям и чертежам построили энтузиасты в конце 20 века. В итоге машина состоит из четырех тысяч стальных деталей и весила **три тонны.**



Программирование как технология «кодирования знаний»

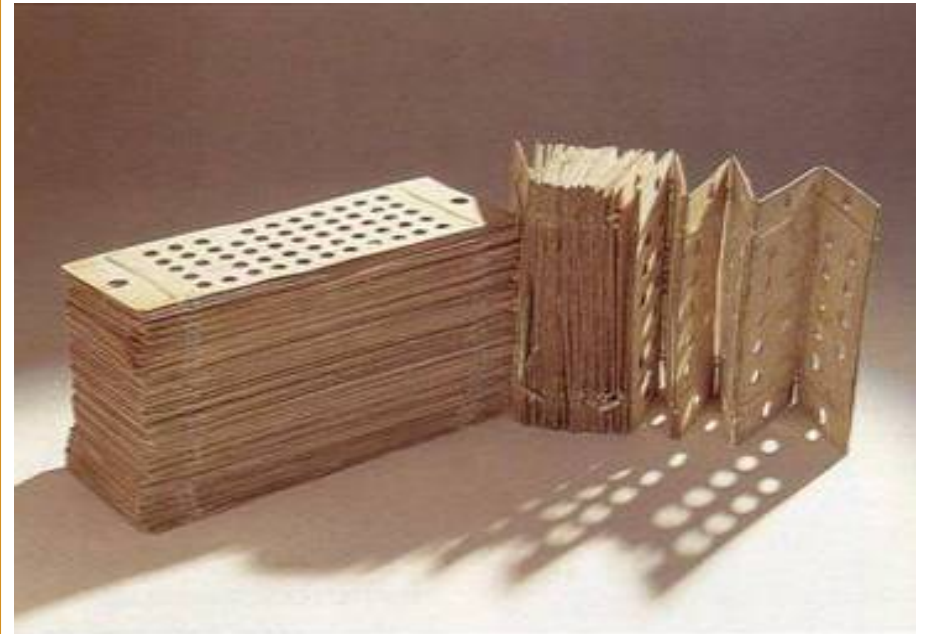
Вычисления Аналитической машины происходили под управлением с «программной» - кодом инструкций, которые разработала Ада Лавлейс (дочь английского поэта Джорджа Байрона).

А. Лавлейс считают первым программистом, и в ее честь назван язык программирования АДА.



Перфокарты аналитической машины

Программы машины записывались на перфокарты путем пробития в определенном порядке отверстий в плотных бумажных карточках. Перфокарты помещались в Аналитическую машину, которая считывала расположение отверстий и выполняла вычислительные операции в соответствии с полученным кодом операций и данными.



Научная основа «аналитичности» машины

Использование таблиц с равноотстоящими узлами конечные разности первого порядка – это разности между соседними табличными значениями:

$$(1) \Delta y_0 = y_1 - y_0, \Delta y_{n-1} = y_n - y_{n-1}.$$

Разности второго порядка –

$$(2) \Delta^2 y_i = \Delta y_{i+1} - \Delta y_i$$

$$(3) \Delta^k y_i = \Delta^{k-1} y_{i+1} - \Delta^{k-1} y_i$$

.....

Суть: Все табличные значения y_k ($k=1,2,\dots,n$) можно выразить с помощью конечных разностей, которые можно «закодировать» перемещением специальных механизмов. В итоге, получим, что

$$y_n = y_0 + n\Delta y_0 + n(n-1)/2! \Delta y_0 + \dots + \Delta^n y_0$$

есть перемещение механизма в определенное положение.

Подробности

- Машина Бэббиджа оперировала 18-разрядными числами с точностью до 8-го знака после запятой.
- Скорость вычисления при вычислении членов последовательности была 12 членов в 1 минуту.

Суть открытия

Архитектура машины , которая состоит из:

1. **Склад** (store). это память. В ней предполагалось хранить как значения переменных, так и результаты операций.
2. **Мельница** (mill). «Мельница» – это арифметико-логическое устройство (по современной терминологии – часть процессора) которое должно было производить операции над переменными
3. **Управляющий** элемент (control) а) выполняет помещение переменных в «склад» и извлечение их оттуда, б) задает последовательность операций,
4. **Устройство** ввода-вывода результатов операций с помощью перфокарт. Перфокарты делились на два вида: 1) операционные карты; 2) карты переменных.

Машина Бэббиджа – это вариант абака, дополненный блоком памяти и средствами автоматизации ввода данных

Абак - посыпанная морским песком дощечка.

На песке проводились бороздки, на которых камешками обозначались числа.

Одна бороздка соответствовала единицам, другая — десяткам и т. д.

Если в какой-то бороздке при счете набиралось более 10 камешков, их снимали и добавляли один камешек в следующий разряд.



Открытие 1 - Операции сложения это перемещения символов

По мере усложнения хозяйственной деятельности возникла потребность в арифметических вычислениях и элементах памяти.

Для выполнения простейших арифметических операций с хранением промежуточных результатов были созданы счеты.

В России счеты появились в XVI веке



Совершенствование

В XIX веке были изобретены механические счетные машины — **арифмометры**. Арифмометры могли не только складывать, вычитать, умножать и делить числа, но и запоминать промежуточные результаты, печатать результаты вычислений и т. д.



Развитие вычислительной техники в 40-е годы XX века

- В 40-е годы XX века начались работы по созданию первых электронно-вычислительных машин, в которых на смену механическим деталям пришли электронные лампы.
- ЭВМ первого поколения требовали для своего размещения больших залов, так как в них использовались десятки тысяч электронных ламп. Такие ЭВМ создавались в единичных экземплярах, стоили очень дорого и устанавливались в крупнейших научно-исследовательских центрах.

ЭВМ первого поколения

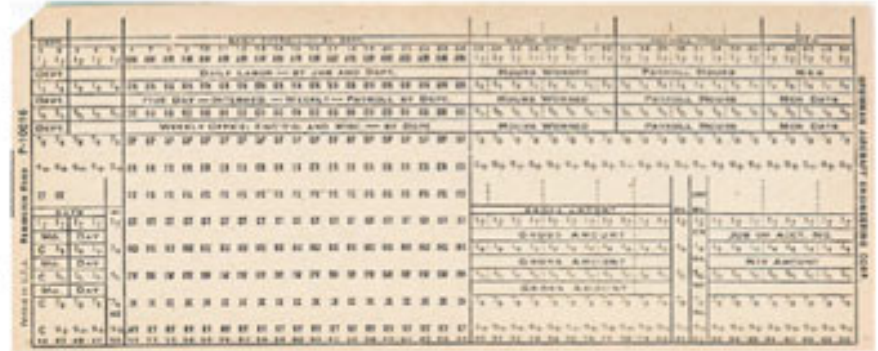


В 1945 году построен ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer - электронный числовой интегратор и калькулятор), а в 1950 году в СССР была создана МЭСМ (Малая Электронная Счетная Машина)

ЭВМ первого поколения

ЭВМ первого поколения могли выполнять вычисления со скоростью несколько тысяч операций в секунду, последовательность выполнения которых задавалась программами. Программы писались на машинном языке, алфавит которого состоял из двух знаков: 1 и 0.

Программы вводились в ЭВМ с помощью перфокарт или перфолент, причем наличие отверстия на перфокарте соответствовало знаку 1, а его отсутствие – знаку 0.



ЭВМ второго поколения

В 60-е годы XX века были созданы ЭВМ второго поколения, основанные на новой элементной базе — **транзисторах**, которые имеют в десятки и сотни раз меньшие размеры и массу, более высокую надежность и потребляет значительно меньшую электрическую мощность, чем электронные лампы. Такие ЭВМ производились малыми сериями и устанавливались в крупных научно-исследовательских центрах и ведущих высших учебных заведениях.

ЭВМ второго поколения

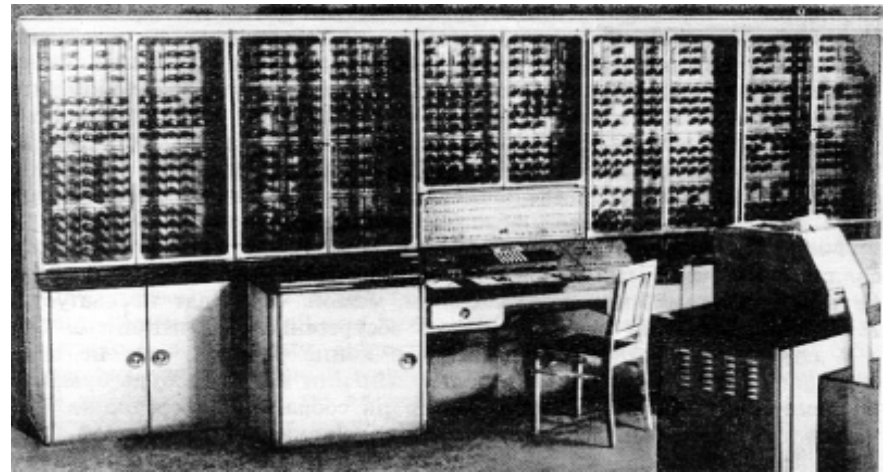
В СССР в 1967 году вступила в строй наиболее мощная в Европе ЭВМ второго поколения БЭСМ-6 (Большая Электронная Счетная Машина), которая могла выполнять 1 миллион операций в секунду.



ЭВМ второго поколения

В БЭСМ-6 использовалось 260 тысяч транзисторов, устройства внешней памяти на магнитных лентах для хранения программ и данных, а также алфавитно-цифровые печатающие устройства для вывода результатов вычислений.

Работа программистов по разработке программ существенно упростилась, так как стала проводиться с использованием языков программирования высокого уровня (Алгол, Бейсик и др.).



ЭВМ третьего поколения

Начиная с 70-х годов прошлого века, в качестве элементной базы ЭВМ третьего поколения стали использовать **интегральные схемы**. В интегральной схеме могут быть плотно упакованы тысячи транзисторов (полупроводниковые ключи), каждый из которых участвует в реализации «механических» операций – аналогов операций **двоичной логики**

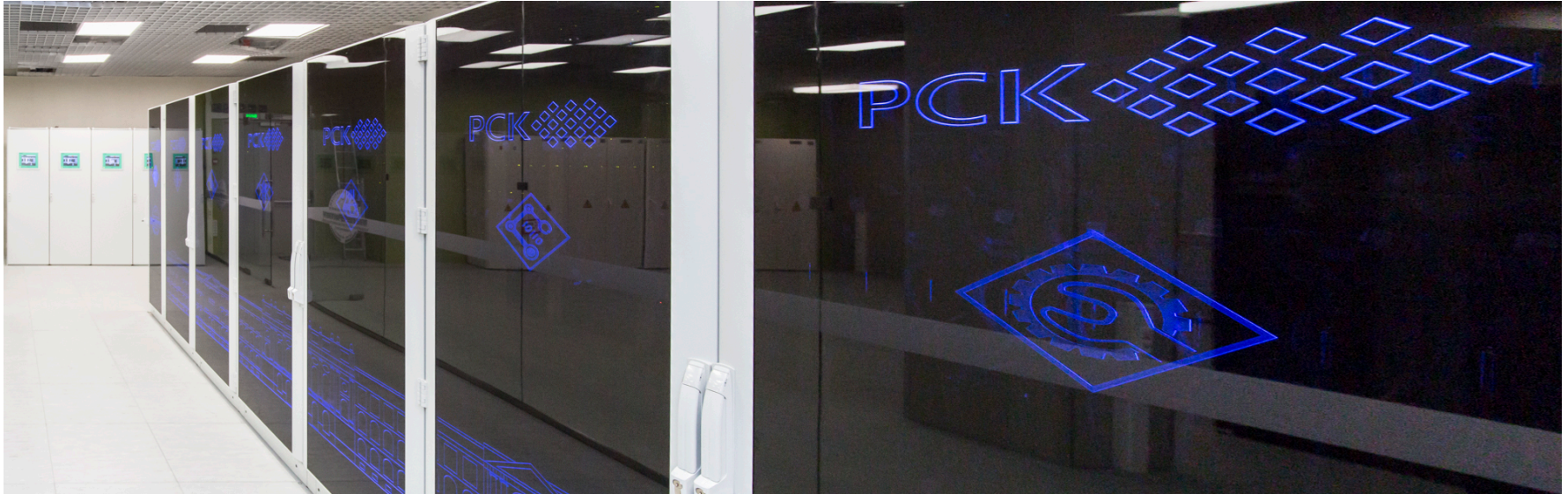


ЭВМ третьего поколения

ЭВМ на базе интегральных схем стали компактными, быстродействующими и дешевыми. Они стали производиться большими сериями и были доступными для большинства научных институтов и высших учебных заведений.



Суперкомпьютеры для научных и инженерных расчетов



- Гетерогенный кластер: **668 вычислительных узлов** x2 Intel Xeon 2697 (2,6ГГц, 14 ядер); 64ГБ RAM; IB FDR (56 узлов содержат по два ускорителя вычислений NVIDIA K40). **Всего: 1336 ЦП; 18704 x86 ядра; 112 GPGPU; 42752 ГБ RAM;**

Эко-система СКЦ «Политехнический»

1) Вычислительная система с глобальной памятью,

2) Кластер CPU/GPGPU

3) Мультипоточная система и 4) вычислительная среда класса IaaS/SaaS для «промышленных» приложений и коммерческих пакетов

n-Torus для межузловой связи

Гибридная архитектура

Иерархическая структура

FT – IB (FDR)

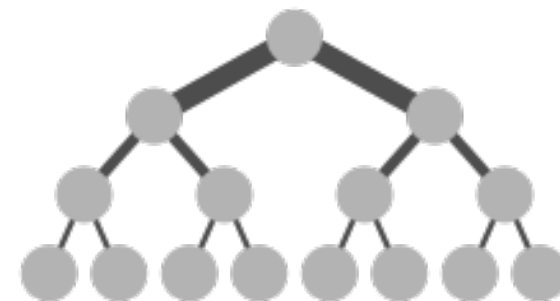
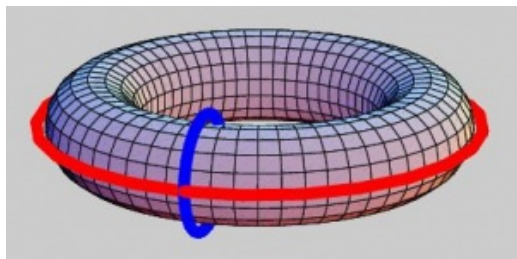
FT – IB (FDR)

FT – ETH

n-Top

обращенный Fat-tree

до 100 Гб/с



потоки исполнения

Сетевая инфраструктура связи узлов и хранилища данных

Ленточная библиотека и оперативное хранилище данных 1 ПБ

Вопросы

Почему современные персональные компьютеры в сотни раз меньше, но при этом в сотни тысяч раз быстрее ЭВМ первого поколения?

Какие физические ограничения существуют на выполнение вычислений с помощью компьютеров ?