



КАФЕДРА
ТЕЛЕМАТИКА

Санкт-Петербургский
Государственный
Политехнический
Университет

Институт прикладной
математики и механики

Введение в профессиональную деятельность

Лекция 15:
**Вопросы по курсу для подготовки к
зачету**

СПб,
12 мая, 2021г.

Специалист в области «математики и компьютерных наук» должен понимать, что

Моделируемая на компьютере «реальность» должна иметь причинную основу, в которой «реализуются» феномены :

- **информации** – феномен индивидуальных различий, включая аспект возможных, но еще не состоявшихся преобразований. Этот феномен связан с **вычислениями** и формализацией знаний.
- **сложности** проявляется в форме суперпозиции «потенциально несовместных состояний» - *для полного описания явлений необходимо применять два **взаимоисключающих** («дополнительных») набора понятий, совокупность которых даёт исчерпывающую информацию об этих явлениях как о целостных.*
- «**дополнительности**» - реального сосуществования формально логически противоположных состояний
- **неформализуемости** истины как неполноты арифметики (теоремы Геделя)

Авторы «цифровых» идей:

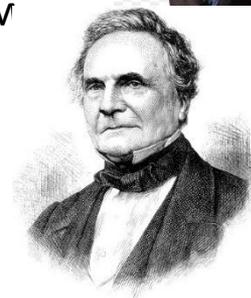
Раймóнд Луллий (1235-1315) считается одним из родоначальников комбинаторики, сконструировал машину «поиска универсальных истин», которая состояла из 14 кругов, размеченных буквами и цветами, которые символизировали различные понятия (было доступно $18 \cdot 10^{15}$ – сочетаний)



С.Н. Корсаков (1832). «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.



Ч. Бэббедж-А. Лавлейс (1833): проект **универсальной цифровой вычислительной машины**, которая выступает прототипом универсальной цифровой вычислительной машины Тьюринга.



Имена, которые надо знать



Д. Гильберт
Сторонник
**полной
формализации
математики** и ее
единства с
естествознанием



К. Гедель
Теоремы о
**неполноте
формальных
систем**



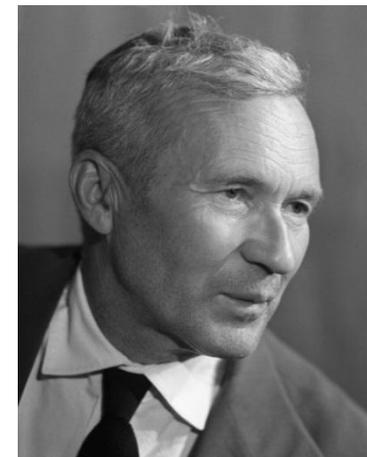
А. Черч
показал
существование
**алгоритмически
«неразрешимых
задач»**



А. А. Марков -
теория
нормальных
алгоритмов



А. Тьюринг
**(абстрактная машина
вычислений, тест на ИИ)**



А. Н. Колмогоров
Ввел понятие
**алгоритмическая
энтропия или сложность.**

Цифровые «очки» интеллекта человека

- Для интеллекта человека характерны две ключевые модальности - «знать и понимать»
 - **Знать** – это функция **памяти**, которая позволяет хранить данные. Эту функцию можно передать компьютерным системам.
 - **Понимать** – это функция **выявления** связей, **интерпретации** зависимостей и **осознания причин**.
- **Искусственный Интеллект** должен гармонично дополнить функции интеллекта человека средствами хранения и обработки данных, как оптические очки **повышают остроту** зрения, но **не заменяют функцию** зрения.
- **Системы ИИ** смогут выполнять роль **интеллектуального «интерфейса»** между «миром людей», наделенных знаниями и **способностью понимать**, и «миром машин», способных **хранить, обрабатывать и агрегировать** огромные объемы данных



Фактор-множество воспринимаемой реальности

Объекты реальности – неисчерпаемый «резервуар» математических аксиом

встречать Петю на вокзале
вести машину в городе
искать в лесу грибы

Фактор-множества
множество всех **классов**
эквивалентности для заданного отношения
ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ

лес
Городской трафик
класс
Планета



разумные действия

распознавание



«толковый» словарь интеллектуального агента
Символы или имена
объектов и их свойств

Подходы к их цифровизации

Все числа состоят из некоторого количества единиц»

Диафант

Под числом мы понимаем не столько множество единиц, сколько **отвлеченное отношение** какой-нибудь величины к другой величине того же рода, принятой нами за единицу.

И. Ньютон

Идея «**цифрового представления знаний о мире**» основана на отношении гомоморфизма между объектами уже **состоявшейся** физической **реальности** и «**числоподобных**» объектов - носителей операций и отношений свойств физических объектов или процессов.

- «Координаты» объектов – это суть числа, которые должны обладать свойствами общего характера, вытекающими из принципов:
 - Индивидуализации
 - Абстракции (обобщения)
 - Порождающих операций (сложение, умножение, ...)

Суть компьютерной парадигмы науки: Реальность – это и то, что уже **состоялось** и... то, что в принципе **ВОЗМОЖНО**.

- **Арифметика всей физической реальности до конца еще не создана.** В Природе действуют не только **количественные**, но другие математические закономерности, а это приводит к «**не идеальности**» наблюдаемых физических процессов и «**отклонению**» от строгих математических формул.
- Законы, которые непосредственно выражаются математическими формулами, применимы к объектам, которые имеют «идеальную» цифровую модель, т.е. уже «реализовались». Но объекты реальности следуют «принципу дополнительности»...поэтому истинная модель реальности формирует «двойственные» пары :

число - слово,
модель - дефиниция,
представления - ощущения

Специалисты в области «математики и компьютерных наук» несут историческую ответственность за развитие «цифровой» цивилизации



ГЛОБАЛЬНЫЙ ВЫЗОВ :

- создаем искусственный цифровой мир, в котором действует «пятое фундаментальное взаимодействие», но мы **не понимаем законы** его развития
- реализуем в формальные правила поведения искусственных «цифровых сущностей» – программ, интеллектуальных-роботов, компьютерных сетей, но любые **формальные системы либо противоречивы, либо неполны**

.. Основная проблема КН состоит в том, что

Компьютерные системы – программные автоматы, которые мы строим и используем, ведут себя в точности так, как мы их запрограммировали,....

но совсем не так, как мы предполагали!

Н.Винер: “исполнение заданного , т.е. программы, осуществляется машинами-автоматами в высшей степени буквально.”

А человеческий мозг сам по себе не в состоянии справиться с фундаментальной проблемой комбинаторной сложностью компьютерных программ объемом в сотни миллионов строк кода на алгоритмическом языке.

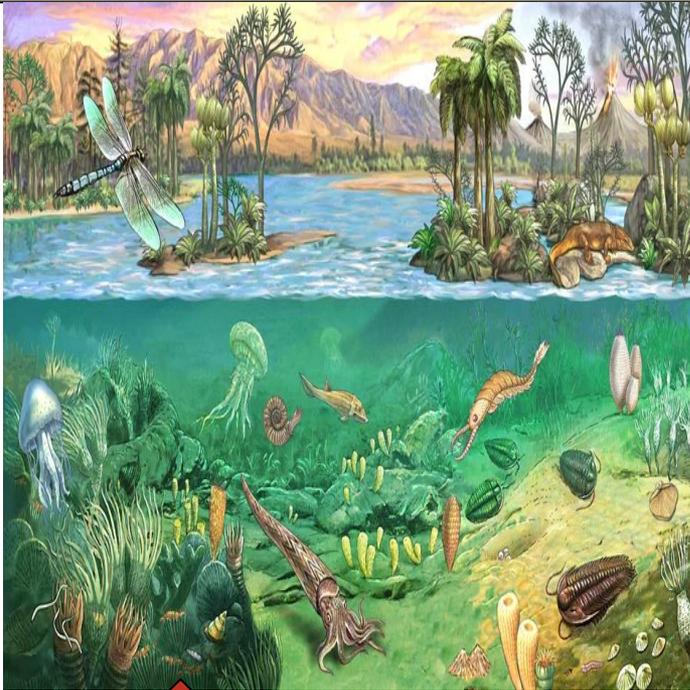
Итак: в каждой программе на 1000 операторов есть как минимум 10 ошибок!
Мир КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ находится под угрозой ?

Физическая реальность или сознание: что, как и почему ?

Основной вопрос наук: где существует реальность, которую наблюдать нельзя, а можно лишь мыслить или **вычислить** ?



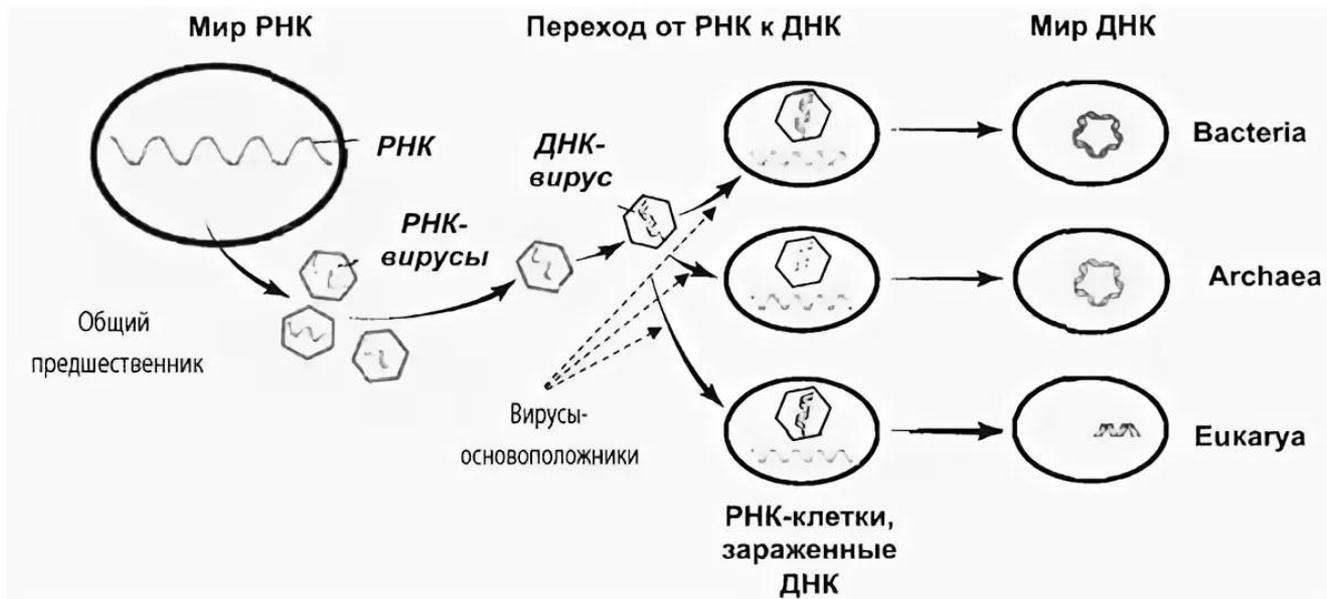
Фундаментальный вопрос компьютерных наук: Как непротиворечиво объяснить связь реальности физического плана (движение в пространстве-времени => координата/скорость) и когнитивной реальности - **сознания** (информация о...)?



Существуют разные виды организмов, но не все они имеют мозг и наделены сознанием !?



Эволюция - это формальное программирование или результат «накопления» информации?!



РНК – хранилище информации. РНК является весьма сложной молекулой, и вероятность её **случайного** возникновения из отдельных атомов или фрагментов крайне низка. Гипотетически, существует множество вариантов соединения рибонуклеотидов друг с другом. Согласно «соотношению неопределенности» для выделения молекул, способных к катализу, требуется около 10^{13} – 10^{14} молекул РНК. Альтернатива случайности – **целенаправленные вычисления!** Именно на этом пути были открыты **РНК-переключатели**, которые реализуют логический элемент NOR [N. Sudarsan, M. C. Hammond, K. F. Block, R. Welz, J. E. Barrick, et. al.. (2006). Tandem Riboswitch Architectures Exhibit Complex Gene Control Functions. Science. 314, 300-304]

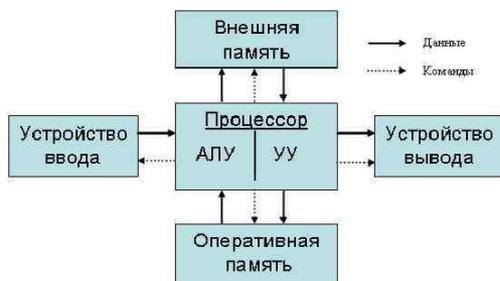
«Физика» процессов объективизации понятий – суть компьютерных наук

13

фон-Неймана [1964]:

«Я же утверждаю: измеримая “физическая величина” имеет объективную вероятность “определенных значений”, а ее “наблюдатель” может быть заменен автоматом».

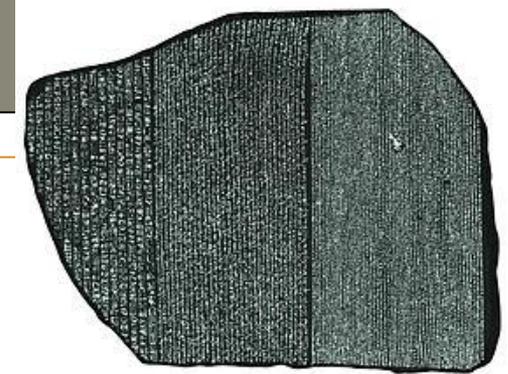
Архитектура фон Неймана



Джон фон Нейман (1903-1957)

С его именем которого связывают архитектуру большинства современных компьютеров (так называемая архитектура фон Неймана), применение теории операторов к квантовой механике (алгебра фон Неймана)

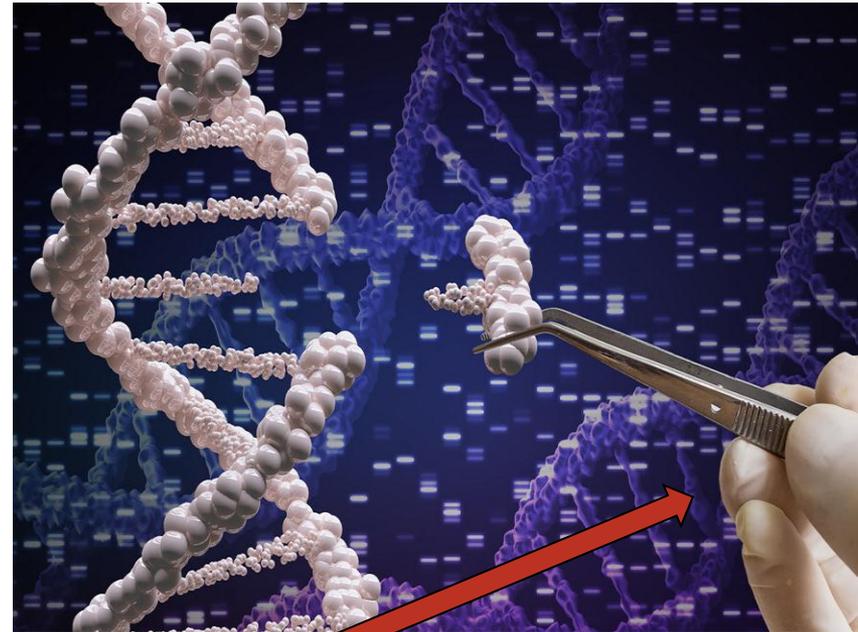
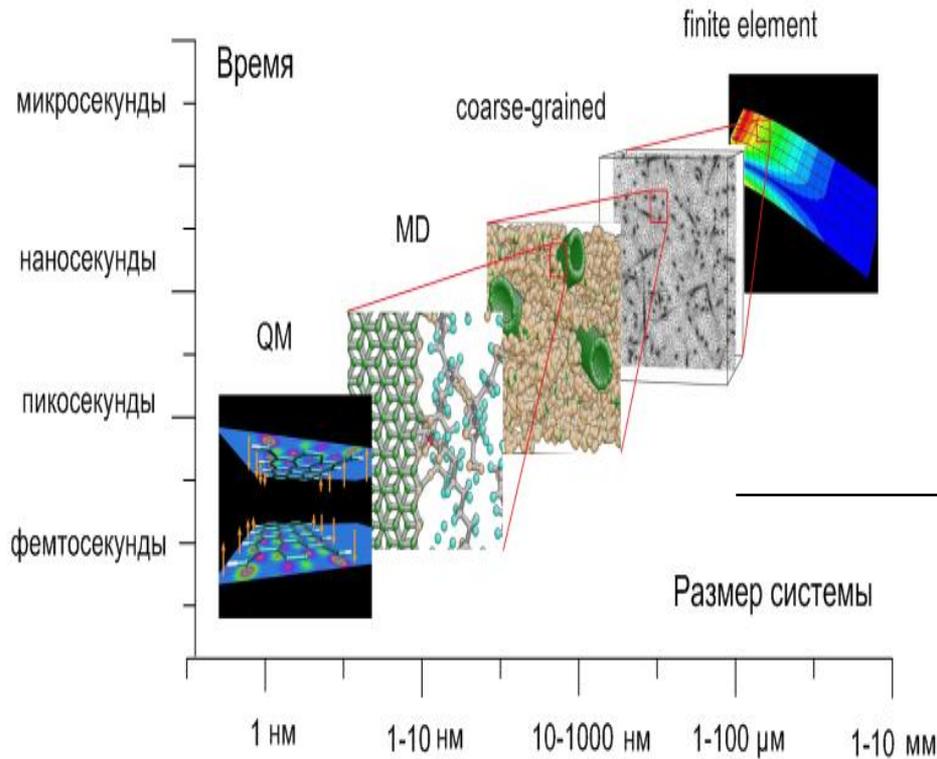
Деонтическая логика – ЭТО Rosetta Stone ОПИСАНИЯ природы на различных «языках»



В настоящее время эти «языки» математические:

- метафора физики **существующего** (И. Ньютон) – классическая математика или обратимая зависимость между причиной и следствием. **Сила и инерция есть причины движения**, результат – траектории движения есть функции начальных условий (Принцип достаточного основания)
- Метафора физики **возникающего** (И. Пригожин) – появления новых макроструктур или объектов более высокого порядка. **Причина «движения» к порядку - возрастание энтропии** внешней среды (диссипативное становление)
- Метафора физики **управляемого**:
 - кибернетика (Н. Винер) **Цель - причина движения, результат – алгоритм управления «движением», основанный на передачи информации (Bit from It)**,
 - киберфизика - **причина движения - передача информация, результат движения - процесс вычисления цели (It from Bit)**

Деонтическая логика физики «пространство/время – масштаб» как пространство возможностей



Логика физических законов:
Квантовая механика
Молекулярная динамика
Кристаллическая структура
....
Биологический организм....
Интеллект

А это кто ?



Системные свойства, которых нет в описание фундаментальных физических взаимодействий : эмерджентность и ингерентность

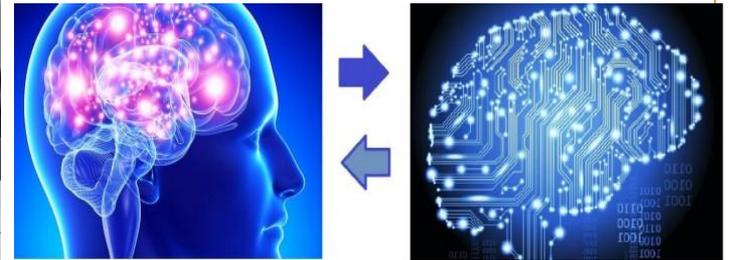
Эмерджентность - феномен, который наделяет систему свойствами, которые не присущи ни одной из ее составных частей

Ингерентность - способность системы выполнять заданную функцию в определенной окружающей среде (от англ. inherent -являющийся неотъемлемой частью чего-то).

Фундаментальные проблемы КН



Первая проблема:
алгоритмическое описание
работы мозга имеет мощность
континуума, а компьютера –
счетного множества.



Эта проблема отражение континуум-гипотез или **Первой проблемы Гильберта**, а именно «Любое бесконечное подмножество континуума является либо **счётным** - имеет мощность множества целых чисел, либо **континуальным** – имеет мощность множества вещественных чисел».

Вторая фундаментальная проблема КН

Когнитивные функции (лат. *cognitio* - познание) - высшие мозговые функции, к которым относятся:

- Память
- Внимание
- Психомоторная координация
- Речь
- Гнозис
- Праксис
- Счет
- Мышление
- Ориентация
- Планирование
- Контроль высшей психической деятельности

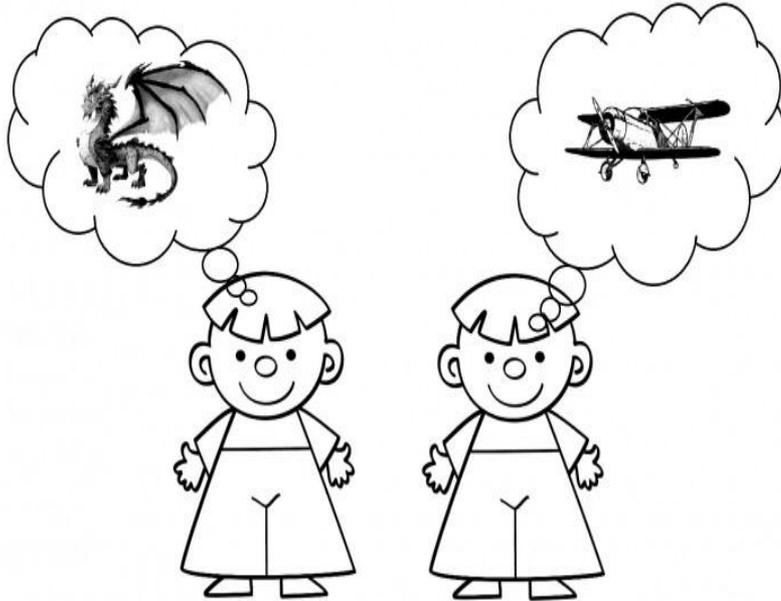


Развивающаяся при РС атрофия головного мозга ведет к возникновению когнитивных нарушений.

Вторая проблема:
Вычислимы или нет когнитивные функции ?

Эта проблема отражение второй проблемы Гильберта, которая звучит так: **противоречивы или нет аксиомы арифметики?** Курт Гёдель доказал, что непротиворечивость аксиом арифметики нельзя доказать, исходя из самих аксиом арифметики (если только арифметика не является на самом деле противоречивой).

Третья фундаментальная проблема КН



Третья проблема:

- Можно ли вычислить воображение и эмоции на программируемом компьютере

Другими словами:

можно ли заменить логический вывод на основе аксиом эмпирическим вычислительным процессом,

Может ли результат проводимых вычислений изменить архитектуру компьютера так, чтобы ускорить его работы (обучить компьютер)

В каком то смысле эта проблема подобна 10 проблеме Гильберта: Построить алгоритм, чтобы определить, имеет ли данное полиномиальное диофантово уравнение с целыми коэффициентами целочисленное решение. Из теоремы Матиясевича (1970) следует, что такого алгоритма **не существует**.

Книги, которые надо прочитать

- Ю. И. Манин. Математика как метафора. М., 2008.
- Ю. И. Манин. Доказуемое и недоказуемое. М. 1979.
- А. Пуанкаре. О науке: - М.: Наука., 1990.
- Г. Гегель. Наука логики. Т.1
- Шеннон К. Э., Работы по теории информации и кибернетике, пер. с англ., М., 1963;
- Колмогоров А. Н., Три подхода к определению понятия «количество информации», «Проблемы передачи информации», 1965, т. 1,
- Кун Томас Структура научных революций, М.- 1977
- Д. Дойч, Структура реальности. - Ижевск НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2001, 400 с.

Вопросы, на которые надо дать развернутые ответы

- **Фундаментальный вопрос компьютерных наук.**
- Что является объектом/предметом изучения компьютерных наук?
- Какова сущность **процессов вычислений**?
- Что такое информация с точки зрения физики и/или компьютерных наук?
- Как происходит **восприятие** информации? Мера информации
- Понятие интеллекта с точки зрения компьютерных наук?
- Почему «по-знание» супервентно процессу «со-знания» ?
- Как связана информация с **материей и энергией**?
- Как связана информация с **сознанием и интеллектом**?

Вопросы, ответы на которые надо уметь обосновать

- Многоплановость феномена информации в природе и социуме;
- «Информация» как категория научных знаний;
- Предметная область информационных наук - физическая реальность, социум, техника, компьютерные науки, искусственный интеллект, машинное обучение, киберфизика
- Информация как объект сознания человека, включая результаты вычислений.
- Денотат —как представление об объекте, который характеризует «объёмом понятия», носящего это имя. Формальная логика Буля. Воображаемая логика Н.А. Васильева
- Что такое экстенционал и интенционал понятия. Почему истина не формализуема, но познаваема ?
- Феномен супервентности. Модель научных знаний. Закон исключенного третьего.

(продолжение)

- Информация как мера снятой неопределенности, которая имеет вероятностную природу (т.е. $-\log_2 p$, где p – вероятность произошедшего «события» - вероятностная концепция)
- Информация как мера сложности системы или «длина» программы, с помощью которой «рассчитывается» объект
- Информация как мера неоднородности, разнообразия или изменений
- Информация как атрибут реальности. А. Уильер: in from bit ?!?
- Неполнота арифметики. Теоремы Геделя.
- Парадигмы современной науки: соотношения неопределенности и принцип дополнительности

(продолжение)

- Как происходит восприятие информации?
- Парадокс Зенона, почему возможен Квантовый вариант парадокса ?
- Какие отношения существуют между понятиями и фактами (логика) и между представлениями и операциями (математика) ?
- В чем разница между «математическими и логическими» формулами ?
- Проблема вычисления мышления. Возможна ли суперпозиция «логически несовместных состояний» ?
- Семантика и миры Крипке.
- Машина Н. С. Корсакова. Принцип «познание через моделирование».

Дополнительные вопросы

- Меры Жордана, Бореля и Лебега
- Канторово множество ненулевой меры
- Измеримые функции

- Алгоритмы и вычислимость
- Перечислимость и разрешимость
- Не формализуемость истины и не аксиоматизируемость арифметики

Метрические пространства

- Метрика и топология
- Объекты «бесконечной» размерности
- Принцип непрерывности

Теория вероятностей

- Аксиоматика Колмогорова. Сигма- алгебра
- Проблемы в основаниях теории вероятности
- Сходимость случайных величин