



КАФЕДРА  
ТЕЛЕМАТИКА

---

Санкт-Петербургский  
Государственный  
Политехнический  
Университет

---

Институт прикладной  
математики и механики

**Введение в профессиональную деятельность**

Лекция 5

**Компьютерные науки и физика  
реальности**

---

24 февраля 2021 г.

# Что было на прошлой лекции Семантика Крипке

От информационно-вычислительной парадигмы мы перешли к обсуждению «модальных логик», в частности, деонтической (нормативной) логики -

Деонтическая  
deontic

$p$  обязательно выполнить  
( $p$  is obligatory)

$p$  разрешено выполнить  
( $p$  is permitted)

Следующий шаг - создать формальный язык для спецификации норм, которым следуют как люди, так и интеллектуальные агенты-роботы .

Также было предложено самостоятельно ознакомиться с **семантикой Крипке**, которая соответствует интуитивному пониманию смысла утверждений нормативной логики

- $[]q$ : “обязательно выполнение  $a$ ”      $Oq$  – obligation  $q$
- $\diamond q$ : “разрешено выполнение  $a$ ”      $Pq$  – permission  $q$

“Возможные миры” Крипке можно понимать как возможные альтернативные варианты реализации информационно-вычислительных систем, работающих по хорошо контролируемым «правилам».

## Что важно понять из предыдущей лекции :

- **«В начале был закон»** - это базовый принцип синтеза (эволюции) систем. Закон – это описание правил взаимодействия частей систем. Зная правила можно **«сконструировать»** действия и операции, отвечающие принятым нормам, записав их в виде алгоритма вычисления, например, с помощью **рекурсивных функций**  $X_{k+1}=f(X_k)$ .
- Это требует умения
  - решать **прямые задачи функций**  $X_{k+1}=f(X_k)$  , т.е. из известных физических законов, например,  $F=m*a$ , где  $a=d^2X/d^2t$  находить результаты  $X(t)$ , т.е. уметь **«объективизировать» правила (законы) в функции – результаты; например,** переводить правила **«поведения»** (интеллектуальных агентов или генома ) непосредственно в операционные планы действий.
  - решать **«обратных задач»** в режиме **just in time**, т.е. построения алгоритмов действий , которые приводят к «цели» с учетом формально заданных «норм и законов» поведения. **Надо также уметь «строить» и альтернативные миры,** где эти действия могут быть реализованы.

# Пример: альтернативные миры в компьютерных науках: «программные» vs «индуктивные» вычисления.

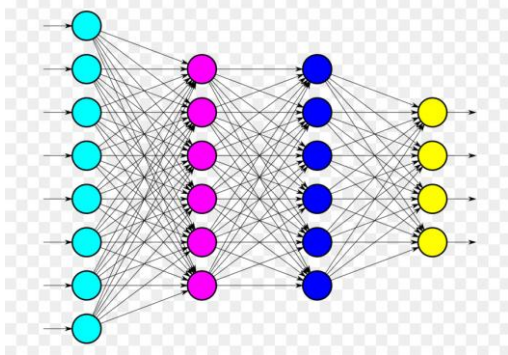
**Программный «мир»:** реализация вычислительного процесса с помощью ленты машины Тьюринга



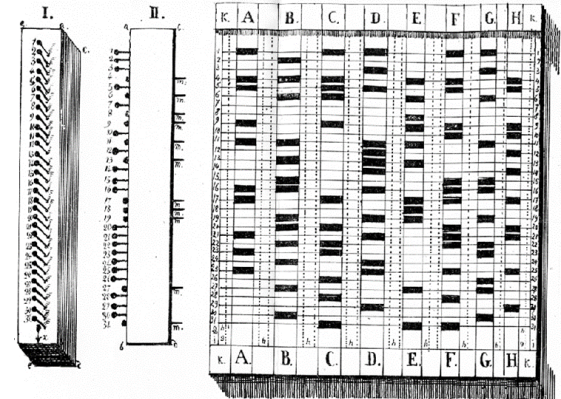
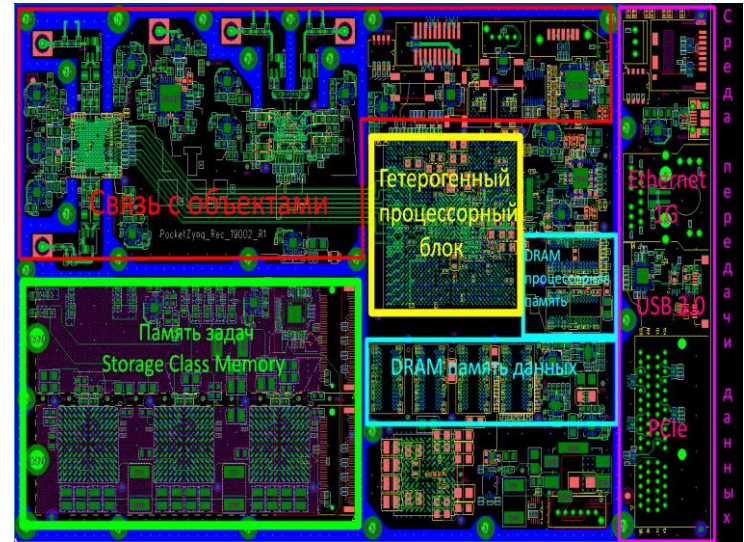
MT



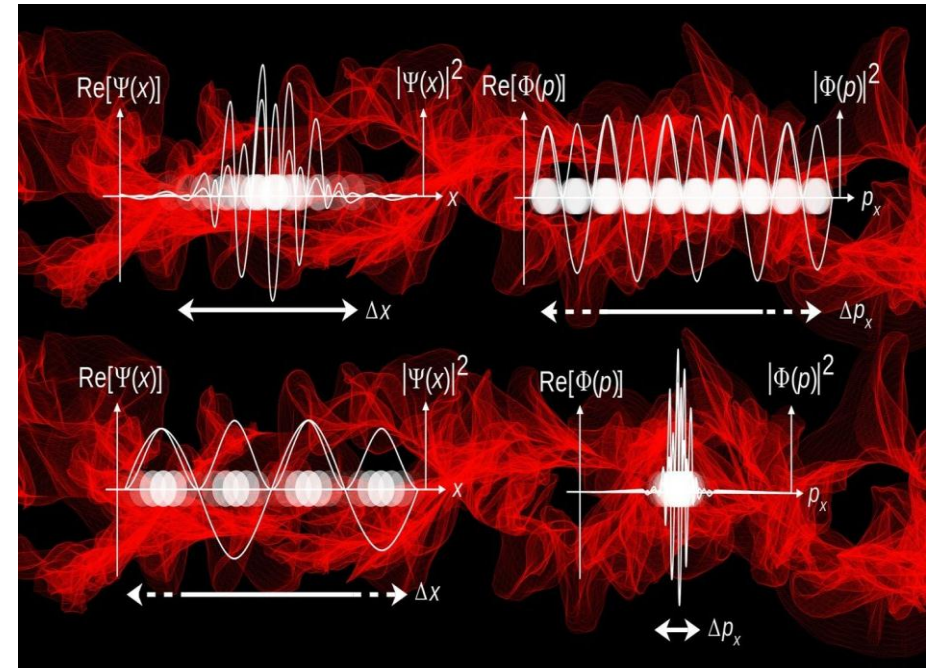
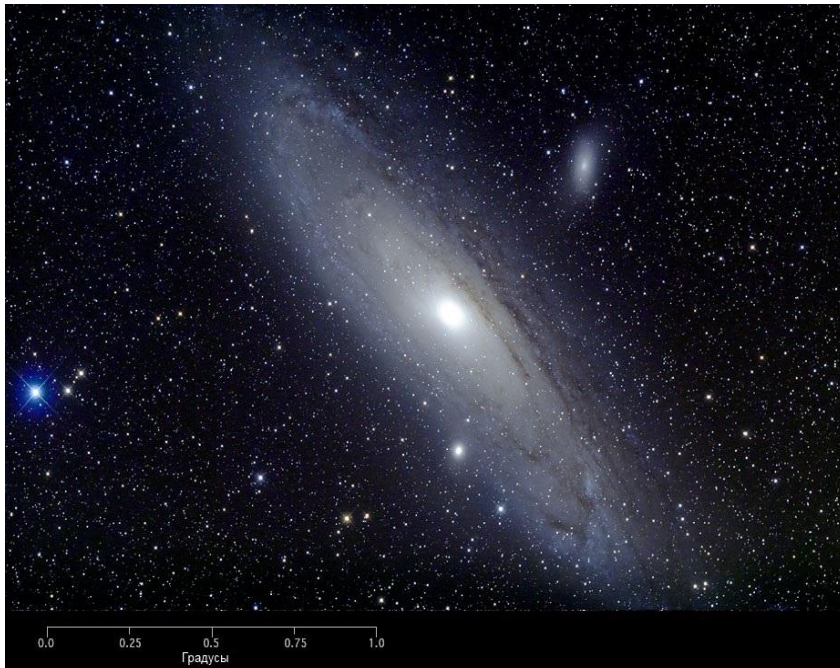
**Нейроморфный «мир»:**  
Реализация алгоритма вычислений когда «лентой» является «движение данных».



Гетерогенный «программно-нейроморфный» вычислитель:



# Альтернативные «Миры» в физической реальности: проявляются в действии разных законов на различных масштабах пространств -

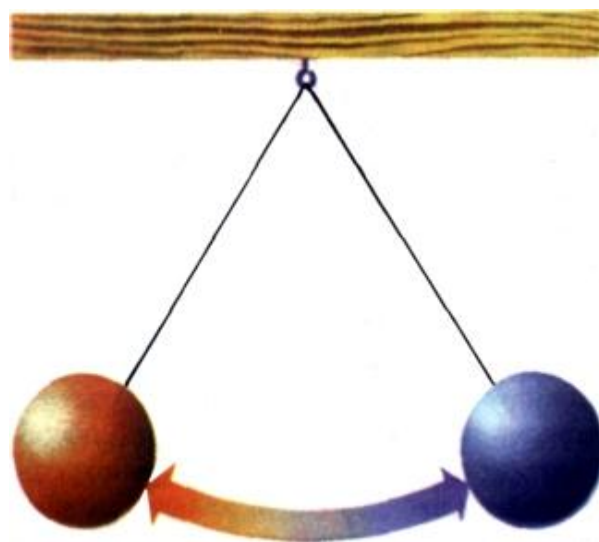


Современная математика имеет дело с тем, что «однородно и делимо».  
Можно ли в «пространстве компьютерных чисел» описать сложные  
неоднородные неделимые сущности и объекты

$$E=m*c^2$$

$$E=h*f$$

# «Простые» физические объекты – одномасштабны

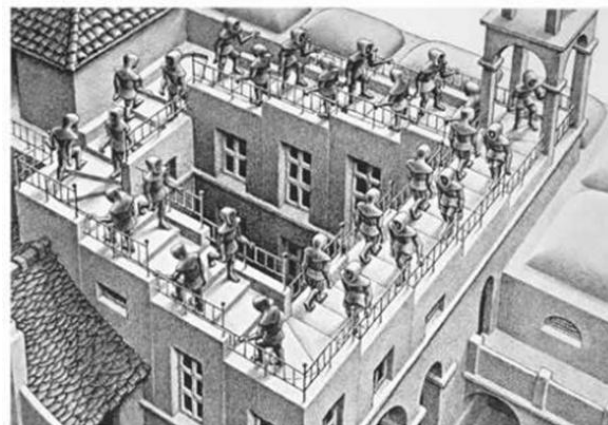
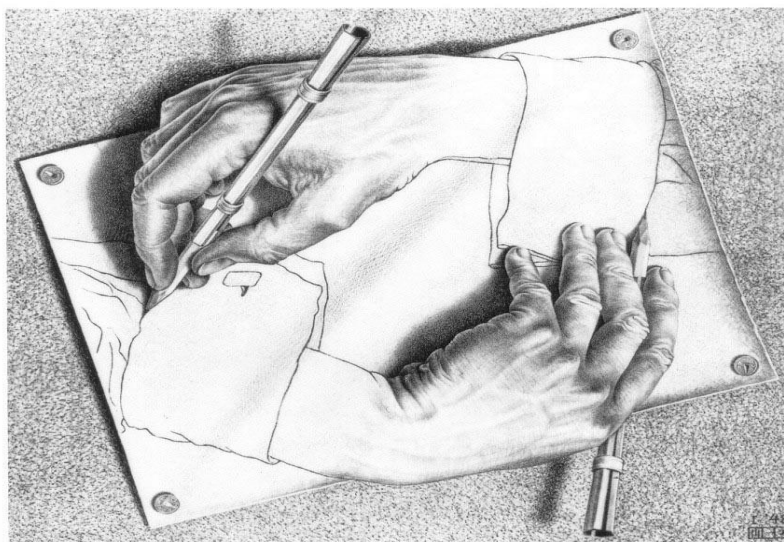




# Логика природы: от «простой» физики $E=m*c^2$ к миру «вычислимой живой материи» и ... феномену интеллекта

1. Все объекты реальности являются носителями различных «информационных» свойств, некоторые из этих свойств выражаются через число, но точность чисел конечна (**финитна**).
2. Любой физический процесс, приводящий к изменению объекта, изменяет и его информационные свойства. Поэтому любые изменения можно рассматривать как **вычисление** и на оборот – *computo ergo sum*
3. Итак, передать информацию **между** различными уровнями описания физической системы (мирами Крипке) можно с помощью вычислений. Проблема вычислений в сложности и точности получаемого результата.

петля  
Хофштадтера:



Дуглас Хофштадтер: **мы** — это наш мозг. Может ли **МОЗГ** быть сделан **из кремния** ?

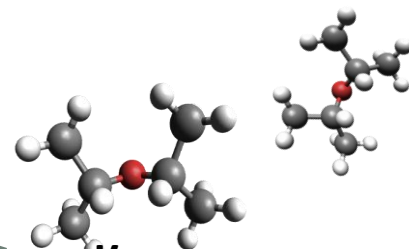
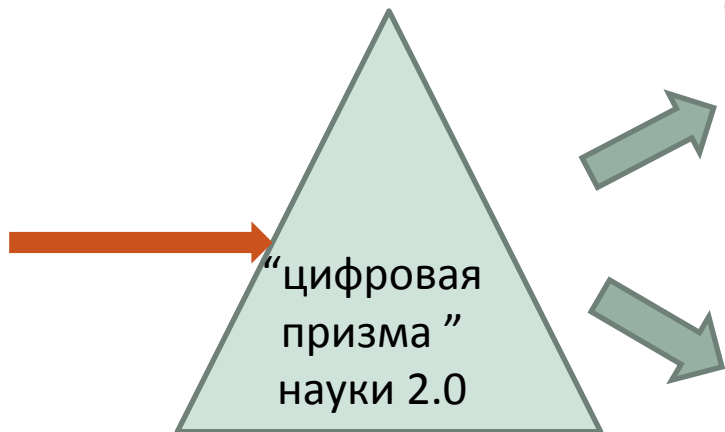


# «Призма» Науки 2.0

За последние 10 лет компьютеры более чем в 1000 раз повысили свою производительность. Все потенциально возможные состояния «окружающего нас мира» образуют в сознании человека «информационные» суперпозиции. Через вычисления они могут материализоваться ?!



Реальный мир – это что ?



Классическая наука :  
Энергия, материя,  
пространство



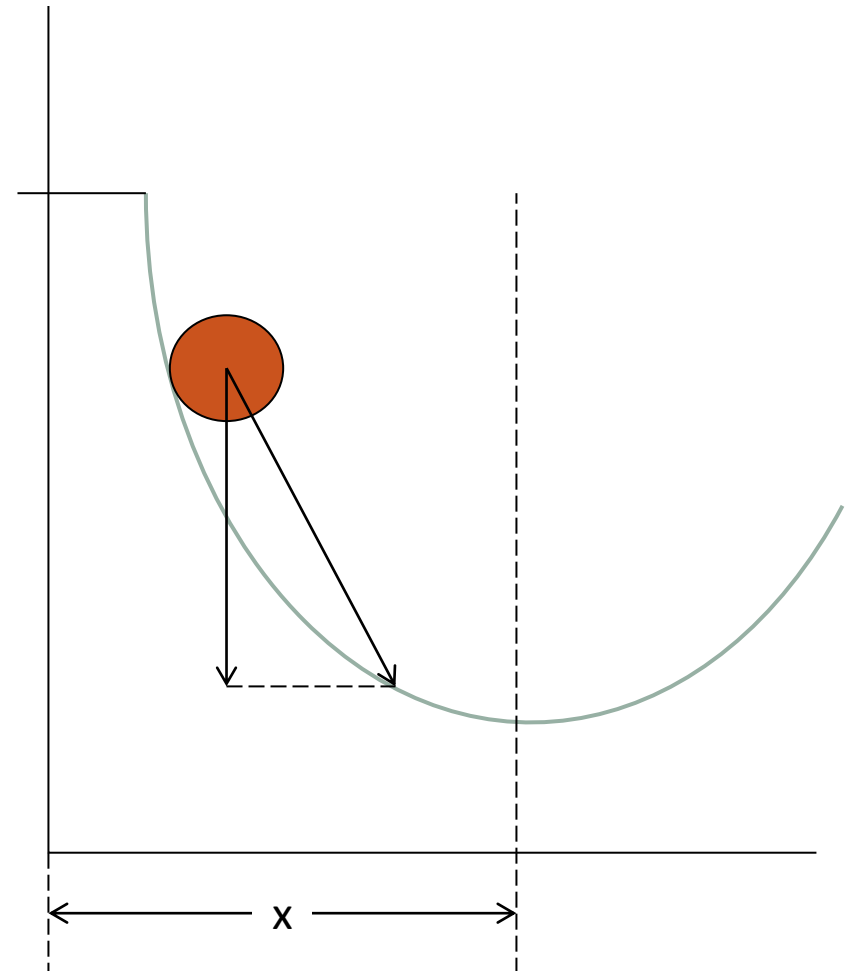
Компьютерные науки :  
информационный «**пепел**» реальности

# Классическая физико-механическая «теория мира» не содержит информацию, хотя в ней есть термодинамическая энтропия.

**Онтологические сущности** физическо-механической реальности - это **силы**, которые порождают движение пространственно-временных структур материи.

Следствия:

- Все **свойства системы** могут быть получены как арифметическая **«сумма»** свойств составляющих ее **компонент** (с учетом их размерности)
- Все возможные изменения структур и процессов подчиняются законам, сформулированным по отношению к **«идеальным объектам»**
- «Наблюдатель» происходящих процессов находится вне наблюдаемой системы. О системе он получает только **информацию**, которая не входит в понятие физики.



# Энтропия и абсолютная термодинамическая температура.

## Энтропия

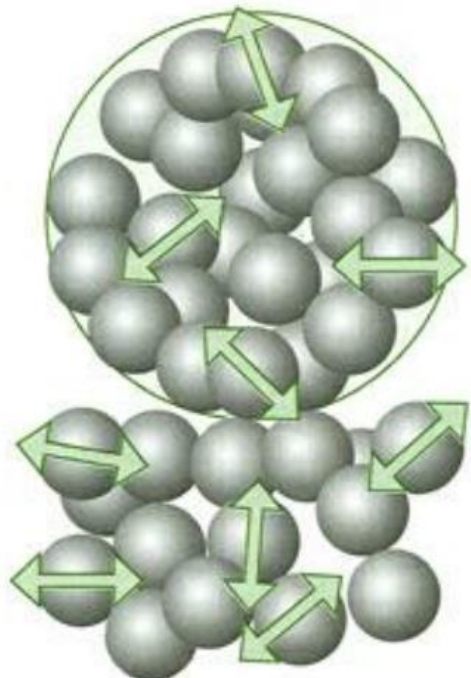
**Энтропия – это функция беспорядка в системе.**

Во втором законе термодинамики энтропия используется для определения самопроизвольных процессов.

**Самопроизвольный процесс** всегда сопровождается рассеянием энергии в окружающую среду и **повышением энтропии.**

Формула Больцмана

$$dS = \frac{\Delta Q_{обр}}{T}$$



**формула Хартли:**

$$H = \log(N)$$

N- число равновероятных событий

Формула Шеннона:

$$I = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

## Гипотеза, следующая из концепции it from bit: возможно то, что МОЖНО ВЫЧИСЛИТЬ

- Принцип «**познание через моделирование-вычисление**». Познание традиционно осуществляется посредством моделирования свойств **реальности** в **сознании (мозгу)** субъекта.
- В 20 веке компонентом познания стало **компьютерное моделирование** – носителями свойств стали **«компьютерные» модели** объектов реальности. Не ясно являются ли «познание» - цифровым двойником реальности.
- Компьютерное моделирование породило т.н. виртуальную реальность - **«цифровую тень» потенциально состоявшейся реальности**, которая воспринимается и мозгом человека и компьютерными системами.

# Можно ли «вычислить» Вселенную как материальный объект ?



По каким  
формулам ?

От Cogito, ergo sum ( лат. — «Мыслю,  
следовательно, существую»)



# Финитность «виртуальной реальности»: возможное vs состоявшееся



Моделью «возможного и состоявшегося» является река, вода в которой ускоряет свой бег на пути к водопаду. Существует граница, которая **разделяет ламинарный и турбулентный потоки**.

В макром мире роль «водопада» играет, например, «**черная дыра**». То место и тот момент, где/когда скорость потока материи превышает скорость распространения гравитационных волн, называется **горизонтом событий**.

**Фундаментальный вопрос (т. Геделя):** Можно ли построить компьютерную модель того, что происходит за этим горизонтом событий ?

# Цифровое - дискретное, квантовое vs непрерывное ?

Для пространственных координат и его импульса (произведение массы на скорость) действует соотношение неопределенности:

$$\Delta X \Delta P \geq \frac{\hbar}{2}$$



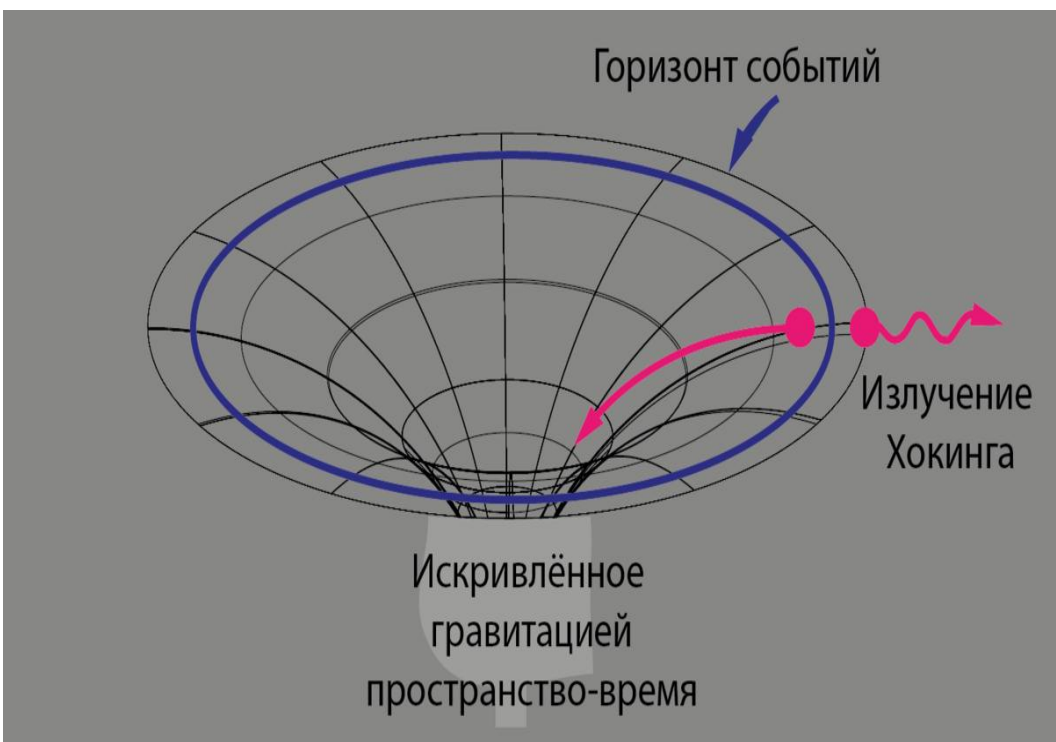
Судя по всему , на фундаментальном уровне материя (вещество и поле) «дискретны»:



Постоянная Планка указывает нижний точности **знания** физических величин, после которого для описания физических процессов надо учитывать из «дискретность» или квантовые свойства , где  $\hbar = h / 2\pi = (1,0545887 \pm 0,000007) * 10^{-27}$  эрг \* с

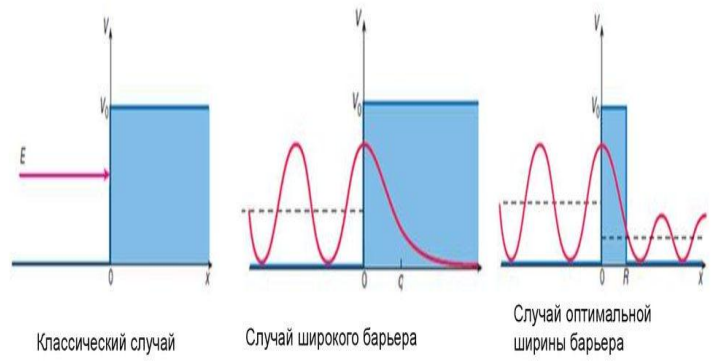
... а «все что мы **знаем о реальности** «сделано» из составляющих, **которые не могут считаться реальными**»  
 (Н. Бор)

# Суть «принципа неопределенности»: все ли материя поглощается в «черной дыре» ?



## Туннельный эффект

Прохождение частицы сквозь область пространства, пребывание в которой запрещено классической механикой.



Ответ «Да», но для «мира» в котором не учитываются «квантовые эффекты». В соответствии с принципом неопределенности «черные дыры» должны порождать излучение ( излучение Хокинга) – происходит туннелирование через гравитационные барьеры.



## 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.

## Заключение

- Формальное определение истины не существует, средствами логики понятие истины не выразимо.
- При учете различных аспектов, масштабов и понятий модели реальности могут выражаться с различной степенью точности
- Энтропийная характеристика модели реальности позволяет рассмотреть непричинные процессы взаимодействия, включая феномен Эмерджентности и способность к Ингерентности.
- -

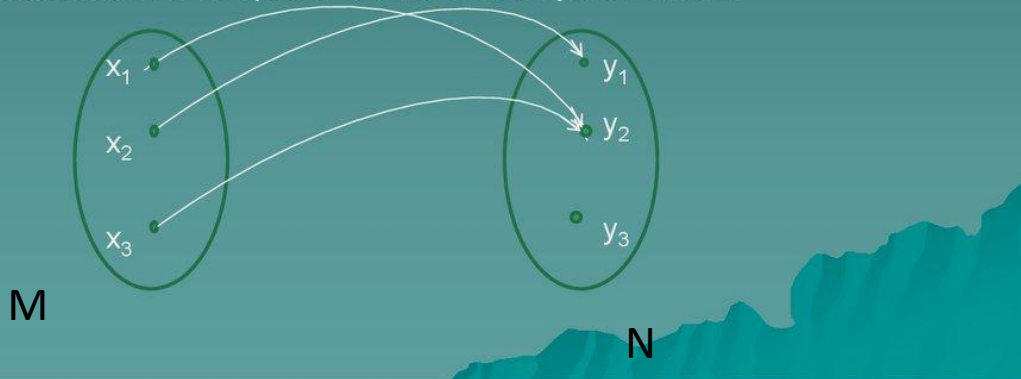
Пример:  $1=0^0$

## Отображение множеств $f$ :

**Определение.** Если каждому элементу  $x \in X$  поставлен в соответствие единственный элемент  $y \in Y$ , то такое соответствие называется отображением множества  $X$  в множество  $Y$ . Т.е., каждому элементу  $x$  соответствует только один элемент  $y$ .

При таком отображении множества  $X$  в множество  $Y$ , элемент  $y \in Y$  называется **образом** элемента  $x \in X$ , а элемент  $x \in X$  называется **прообразом** элемента  $y \in Y$ .

**Пример.** Пусть  $X$  – множество студентов в аудитории,  $Y$  – множество столов в этой аудитории. Соответствие “студент  $x$  сидит за столом  $y$ ” задает отображение множества  $X$  в множество  $Y$ , так как все студенты сидят за столом, иногда по двое, по трое и т.д., но есть и пустые столы.



Число способов  
отображения

$$N^M \Rightarrow$$

$$0^M = 0000 = 0$$

$$0^0 = 1 ?$$

(вариант  
отображения  
пустого  
множества на  
пустое  
множество)

$$F(x) \rightarrow 0, G(x) \rightarrow 0, F(x)^{G(x)} \rightarrow ?$$

$$(10^{-1/x})_{x=0.1}$$

При  $x \rightarrow 0$

## Воображаемая логика (1911)



Н.А. Васильев  
(1880-1940)

- «Воображаемая логика позволяет нам глубже проникнуть в природу нашей логики, разделить в ней эмпирические (устранимые) элементы от неэмпирических, которые устранить нельзя. Все внеэмпирические элементы и отношения в логике составляют металогику.»

# Теория категорий

