



Ответ, который мы получаем, зависит от того, какой вопрос мы ставим, какой эксперимент мы устраиваем, какой регистрирующий прибор мы выбираем.
Д. А. Уиллер

Теория информации

ЛЕКЦИЯ 5:

30.09.2021

Что обсуждали на прошлой лекции

- Истина в неполноте..... Информационное содержание математических истин ничтожно - они выполняются всегда!
- Надо ли всегда исправлять ошибки...чтобы получить правильный результат вычислений ?
- Математическая ошибка это использование математических законов вне зоны их применимости, логические ошибки и т. д.

$$\frac{16}{64} = \frac{16}{64} = \frac{1}{4}$$

$$e^{2\pi i} = 1$$

$$(e^{2\pi i})^i = 1^i$$

$$e^{-2\pi} = 1$$
- В чем суть математики, с помощью которой используя много ошибочных результатов удастся получить практически верный результат ?
- Можно ли «автоматизировать» процесс сравнения между собой «сложно-составленных» объектов ? (смысл и объем понятия)

д/з: ЧТО ПОНИМАЕТСЯ ПОД ЭТИМИ ТЕРМИНАМИ СЕМАНТИКИ

- Интенционал (содержание понятия)
- Экстенционал (объем понятия)

Тематика лекции

- Вероятность
- Информация
- Статистика

Цитата из книги Д. Дойч. Структура реальности

- Способность предсказывать или описывать что-либо, даже достаточно точно, совсем не равноценна пониманию этого. В физике предсказания и описания часто выражаются в виде математических формул (мы говорили, что информационное содержание математических истин ничтожно).
- Формулы можно использовать в бесконечном множестве случаев помимо архивных данных, например, для предсказания результатов будущих наблюдений. Знать формулу не значит **понимать** описываемые с ее помощью физические явления.
- Можно ли **пониманию** сопоставить информационную меру «снятой неопределенности», которая суть «**объяснение**» ?
- В **объяснении** или **предсказании** заключается содержание теории ?

Информация как основа объяснения и предсказания

- объяснения неизбежно включают то, что непосредственно в эксперименте не наблюдается (атомы и силы; внутреннее строение звезд и вращение галактик; прошлое и будущее; законы природы).
- Чем «глубже» объяснение, тем к более **отдаленным** от непосредственного **опыта** сущностям оно обращается.
- Сущности, формирующие структуру реальности, определяют и границы опыта. Представление о наличии **единственного или одного исхода** любого эксперимента — неверно, т.е. закон исключенного третьего

$$A \vee \bar{A} = 1$$

не является основой научного понимания !?

ТОГДА остается только

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) * P(A)}{P(B)}$$

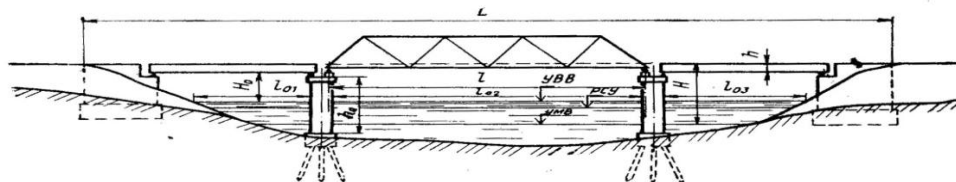
Информация как мера vs объясняющая информация

Суть «vs» в том:

- как отличить «понимание» от простого знания?
- чем ответ на вопрос «почему» отличается от ответа на вопрос «что» ?
- почему законы естественных наук отличаются от эмпирических правил ?

Новое измерение vs новое понимание

- смысл «глубоких» объяснений состоит в том, что они охватывают не только знакомые ситуации, но и незнакомые...
 - Понимаем ли мы, что квазары состоят из горячего вещества, находящегося в процессе падения в черную дыру - сколлапсировавшие звезды, со столь сильным гравитационным полем, что из него невозможно вырваться ?
 - Можем ли мы непосредственно измерить «температуру» квазара ?
- требуется ли дополнительное понимание механики и какая информация нужна, чтобы построить мост через реку



Редукционизм: «начальное состояние плюс законы движения»

- Математически законы механики – законы движения можно выразить системой уравнений. У этих уравнений существует много различных решений, каждое из которых описывает какую-то возможную траекторию. в
- Суть редукционализма: чтобы определить, какое решение описывает фактическую траекторию движения, необходимо предоставить **некоторую информацию начальных состояниях**.
- Но... какая информация нужна, чтобы **объяснить существования самого начального состояния**: почему в действительности начальное состояние было таким, каким оно было – законы механики являются «эмерджентными» следствиями законов фундаментальной физики
.....

Информационная мера (масштаб) понимания

Структура реальности

Один источник

Квантовые эффекты в пределах гравитационного поля черной дыры могут приводить к выделению энергии, своего рода жара. Это может натолкнуть на связь между квантовой теорией и термодинамикой, наукой и теплотой.



Если пространство и время не фундаментальны, тогда что? Специалисты в области теоретической физики выделяют несколько возможных вариантов ответа на этот вопрос.

1. Гравитация как термодинамика.

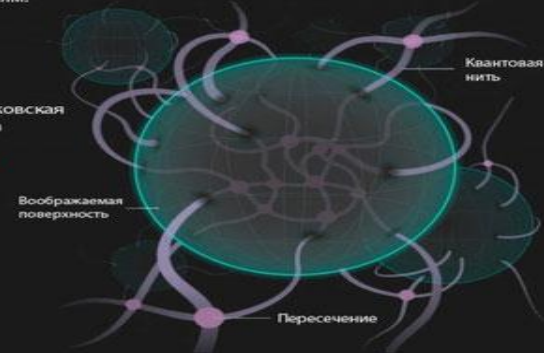
Гравитационные уравнения можно переписать в соответствии с законами термодинамики, не прибегая к пространственно-временным искажениям.



Это означает, что гравитация в макроскопическом масштабе является усредненной величиной до сих пор неизвестного «атома» пространства-времени.

2. Петлевая квантовая гравитация.

Вселенная – это сеть пересекающихся квантовых нитей, каждая из которых несет квантовую информацию о размере и форме близлежащего пространства.

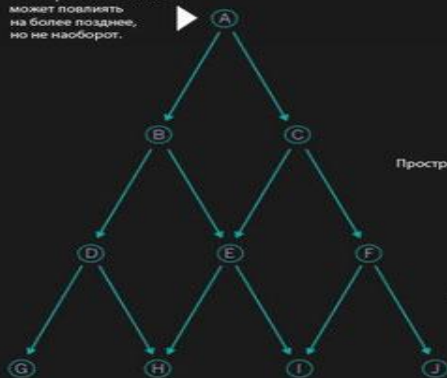


Представьте ограниченную область сети. Ее объем зависит от количества соединений, а площадь от количества входящих в нее нитей.

3. Причинные ряды.

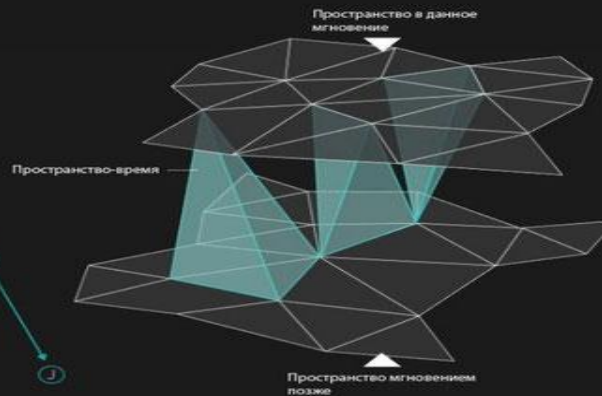
Строительные блоки пространства-времени являются, своего рода, точками «событий», соединенными между собой причинностью. Они формируют расширяющуюся сеть.

Более раннее событие может повлиять на более позднее, но не наоборот.



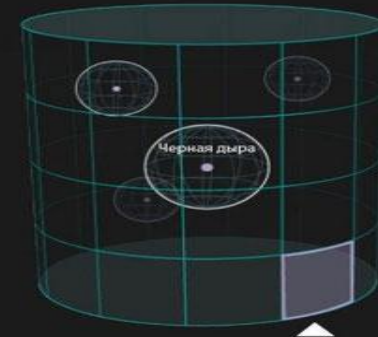
4. Причинная динамическая триангуляция.

Компьютерное моделирование аппроксимировало фундаментальную квантовую реальность как крошечную многоугольную структуру, подчиняющуюся квантовым правилам и состоящую из кусочков пространства-времени.



5. Голография.

Вселенная с тремя измерениями включает в себя черные дыры и струны, управляемые только гравитацией. А на двухмерной границе находятся элементарные частицы, которые подчиняются теории квантового поля.



Все, что происходит внутри трехмерной Вселенной, может быть описано, как процесс на двухмерной границе, и наоборот.

Словарь терминов, которые потребуются в дальнейшем

- Объяснение – утверждение о природе и причинах вещей.
- Инструментализм – система взглядов, в соответствии с которой целью научной теории является предсказание результатов экспериментов.
- Редуктивное объяснение – это объяснение, которое раскладывает все вещи на составляющие более низкого уровня.
- Холизм – это идея о том, что обоснованными являются только объяснения, сделанные на основе систем более высокого уровня;
- Эмерджентность – явление (например, жизнь, мысль или вычисление), относительно которого существуют понятные факты или объяснения, которое не выводится из теорий низкого уровня, но которое можно объяснить на базе высокоуровневой теории.

Инструментализм - основа теории информации, сформулированной на базе «вероятностной меры»

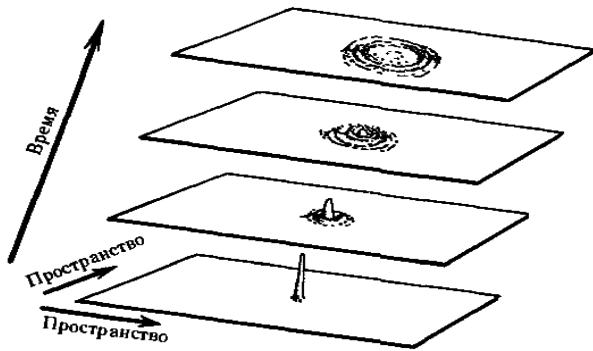
Информация – это не материя и не энергия. Это третье».

Норберт Винер

- Вероятность по Колмогорову (самый фундаментальный из всех физических законов)

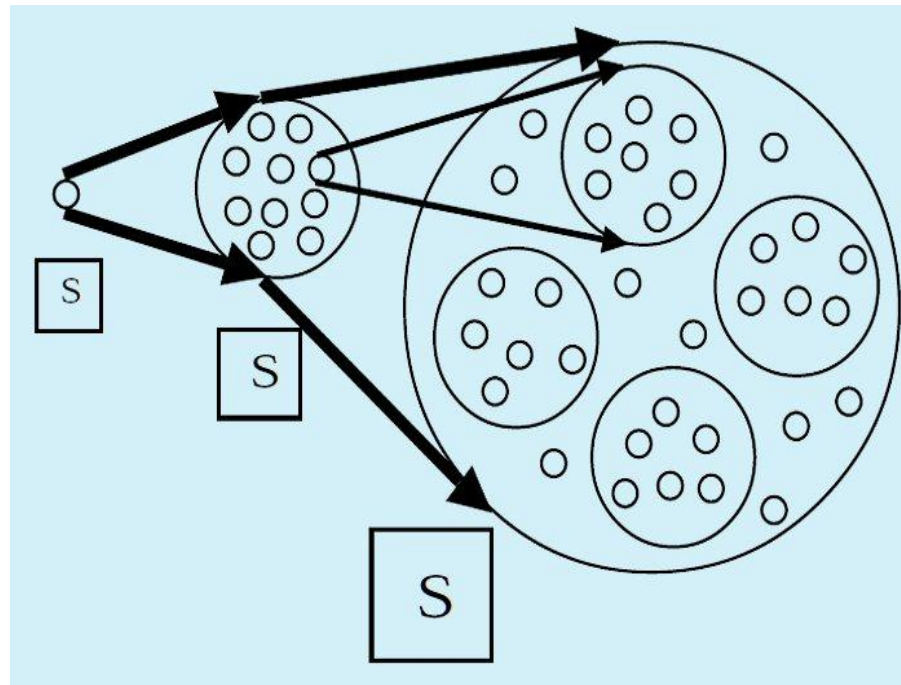
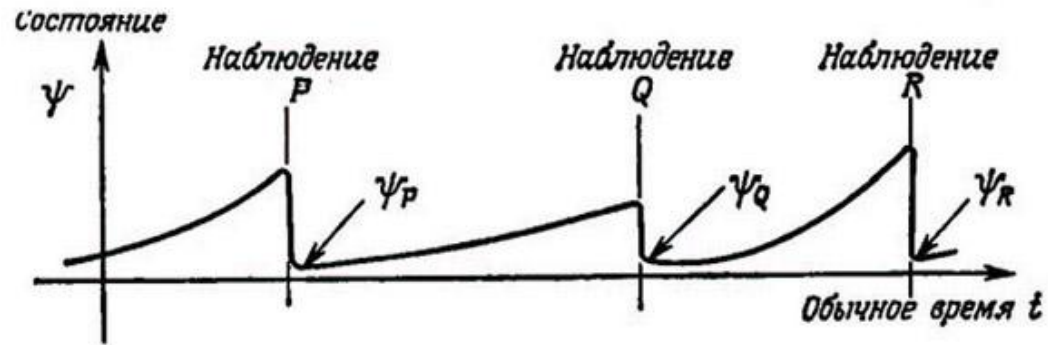
Вероятность vs реальность

Описание объектов с помощью формализма теории вероятности не применимы к единичным объектам, а применяются исключительно по отношению к ансамблю невзаимодействующих между собой и одинаково приготовленных **объектов**.



Фундаментальные модели «мира», которые задают законы «поведения» отдельного объекта, выбираются в соответствии с тем, как в реальности меняется внешняя среда при движении объекта. Хотя движение объекта строится на основе причины, которая имеет форму некоторого целевого воздействия, но внешняя среда, в которой происходит движение, меняется случайным образом, поэтому состояние объекта также меняется случайно.

Редукция «пространства возможного» под воздействием наблюдений



Соотношение неопределенностей: логика Буля vs логики реальности

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2} \\ \Delta y \cdot \Delta p_y \geq \frac{\hbar}{2} \\ \Delta z \cdot \Delta p_z \geq \frac{\hbar}{2} \end{array} \right.$$

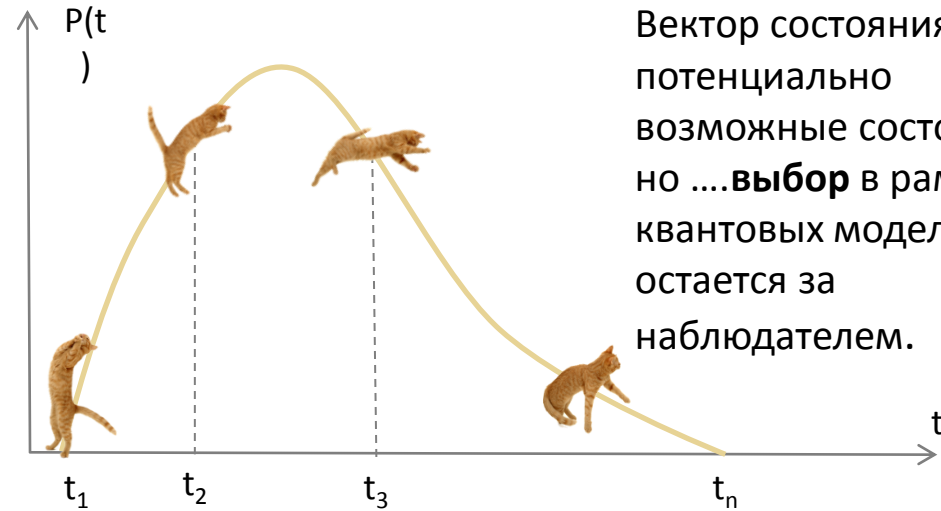
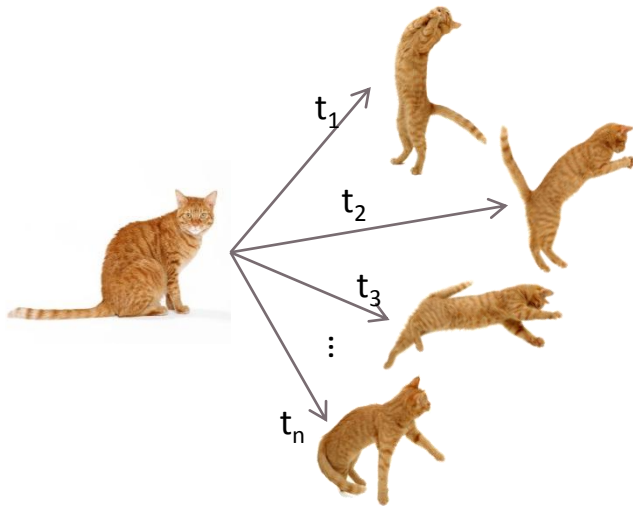
Согласно соотношению неопределенностей в природе не существует состояния частицы с точно определенными значениями координаты и проекции импульса на эту координатную ось. Соотношение неопределенностей Гейзенберга имеет фундаментальное значение. Оно позволяет проводить численные расчеты не прибегая к точному и трудоемкому решению квантово-механических уравнений.

$$\Delta v_x \geq \frac{\hbar}{2m\Delta x}$$

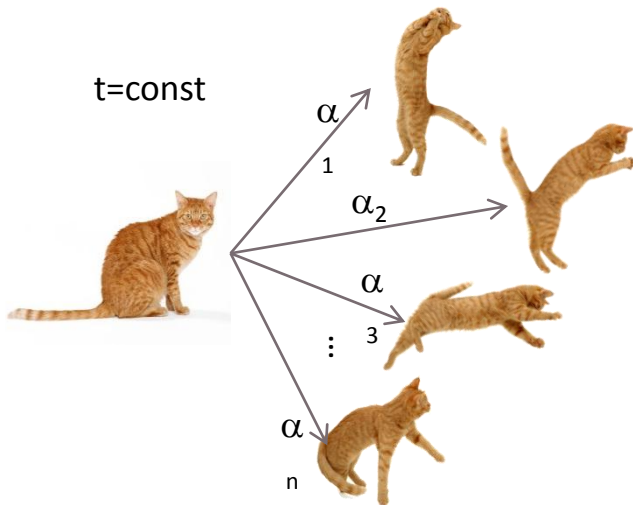
Объект размером 1 мкм и массой 1 мкг $\Delta v_x \sim 10^{-22} \text{ м/с}$

Электрон в атоме (0,1 нм) $\Delta v_x \sim 10^6 \text{ м/с}$

«Пространство возможного»: теория должна описывать все, что может произойти, но...не все **ВОЗМОЖНОЕ** ... переходит в **реальное**.



Вектор состояния задает потенциально возможные состояния, но ...**выбор** в рамках квантовых моделей остается за наблюдателем.



$$\begin{aligned}
 \text{Cat} &\Rightarrow \alpha_1 \text{Cat}_1 + \beta_2 \text{Cat}_2 \\
 1 &= \alpha^2 + \beta^2
 \end{aligned}$$

Надо переходить к теориям, в которых выбор **реального** будущего из «**ПОТЕНЦИАЛЬНО ВОЗМОЖНОГО**» осуществляет сам объект или ...**случай**

Принцип дополнительности Н. Бора : «Сложные модели действительности » и

Принцип дополнительности – всякое «сложное» явление природы требует для своего описания по крайней мере двух взаимоисключающих дополнительных **понятий (объяснений)**.

Такие «понятия» составляют базис пространства состояний «сложных моделей!

Система задается вектором состояния $|\psi\rangle$, который представляется через координаты ортогональных (взаимоисключающих) состояний $|\phi_k\rangle$. Можно «отнормировать» базисные состояния так, что:

$$|\psi\rangle = \sum_k |\phi_k\rangle,$$

набор операторов-проекторов \hat{P}_k :

$$\langle\phi_k|\phi_{k'}\rangle = p_k \delta_{kk'},$$

$$\langle\psi|\psi\rangle = \sum_{k,k'} \langle\phi_k|\phi_{k'}\rangle = \sum_k p_k = 1,$$

$$|\phi_k\rangle = \hat{P}_k |\psi\rangle,$$

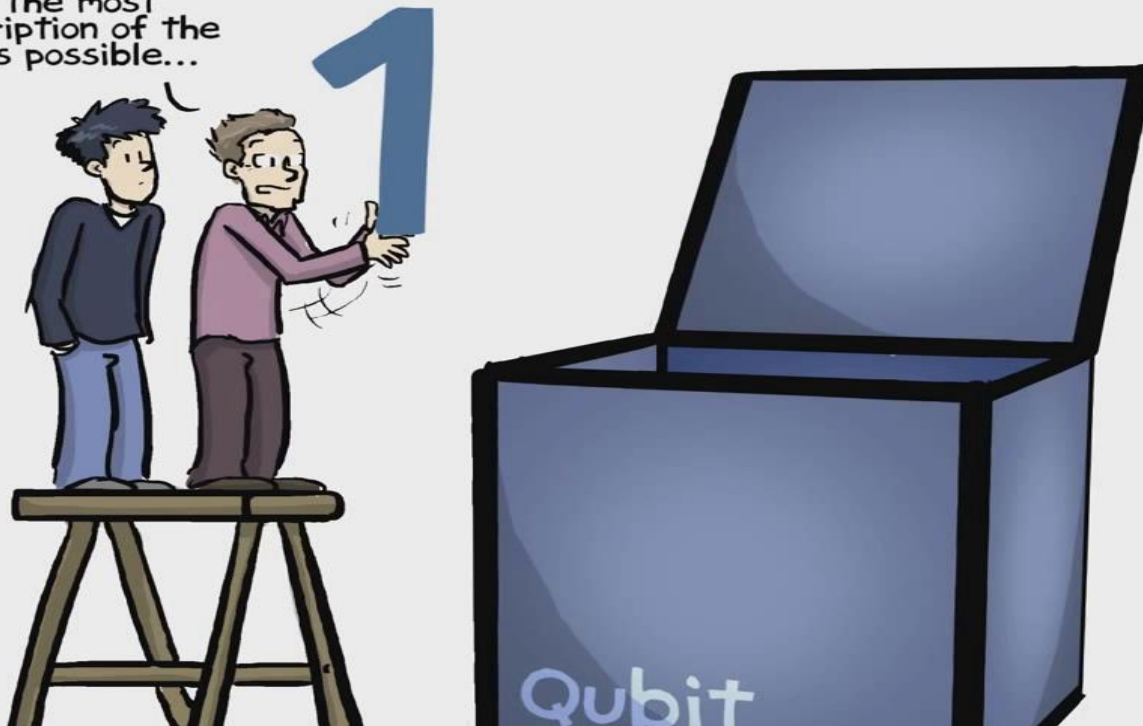
$$\hat{P}_k \hat{P}_{k'} = \hat{P}_k \delta_{kk'},$$

$$\sum_k \hat{P}_k = \hat{1}.$$

Квантовый объект – это вероятностный объект.

В пространстве состояний (информационном пространстве возможностей) объект может находиться в нескольких состояниях (одновременно ?!). Но при измерении (взаимодействии с внешней средой) объект переходит в одно из возможных состояний, но с предсказуемой **вероятностью**, используя формулу ортогонального разложения «единицы» $1=a^2+v^2$

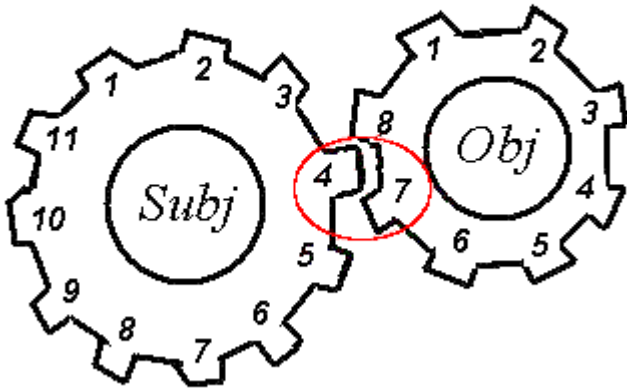
If we have the most complete description of the system that is possible...



Макро запутанные состояния и сложность ПО

$$\psi = ||1,1\rangle\rangle + ||2,2\rangle\rangle + ||3,3\rangle\rangle + \dots ||11,8\rangle\rangle$$

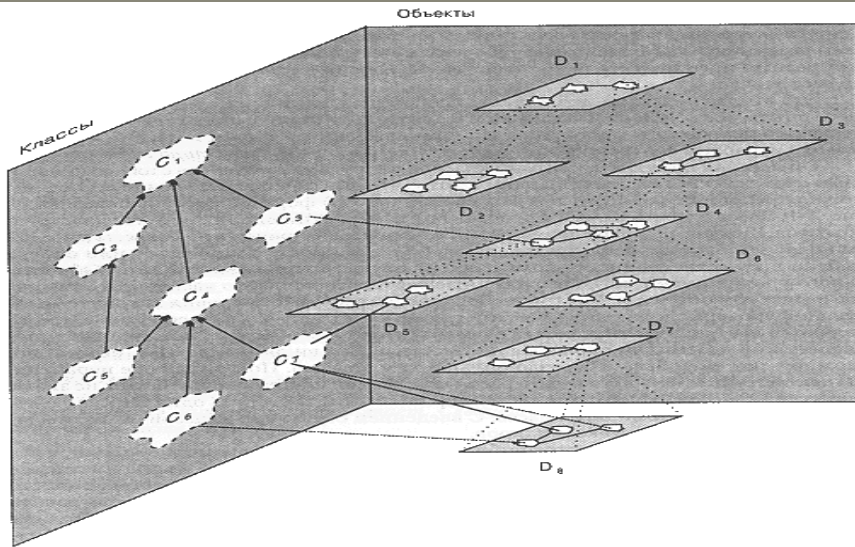
$$P = \int dP = \int_V \omega dV = \int_V \Psi^* \Psi dV$$



Так "сложность программного обеспечения" связана с тем, что «технология» предполагает, что у программы есть только на одно «правильное» состояние. Правильное состояние требует :

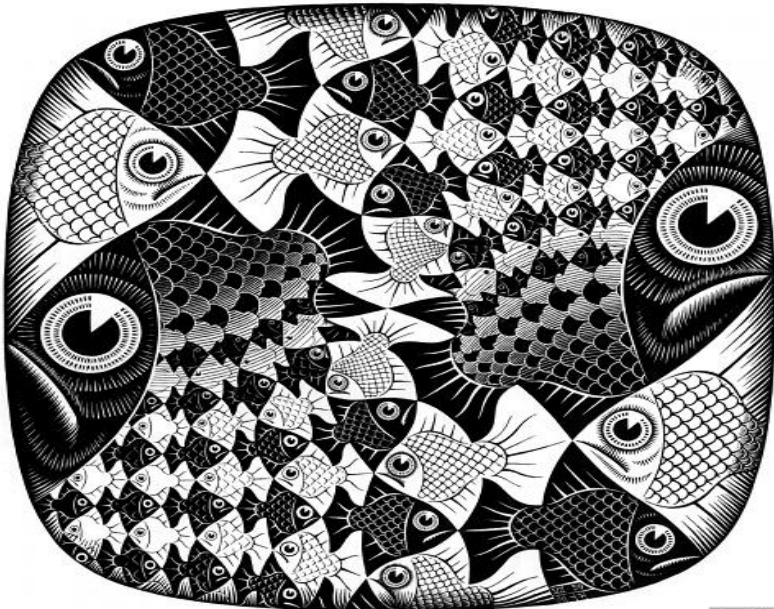
- состояние сложной предметной области известно (задача решена);
- процесс разработки программы полностью контролируется;
- необходимости коррекции программы нет;
- программы, состоящих их «больших» данных работают предсказуемо.

Описание сложной системы: иерархия классов или суперпозиция



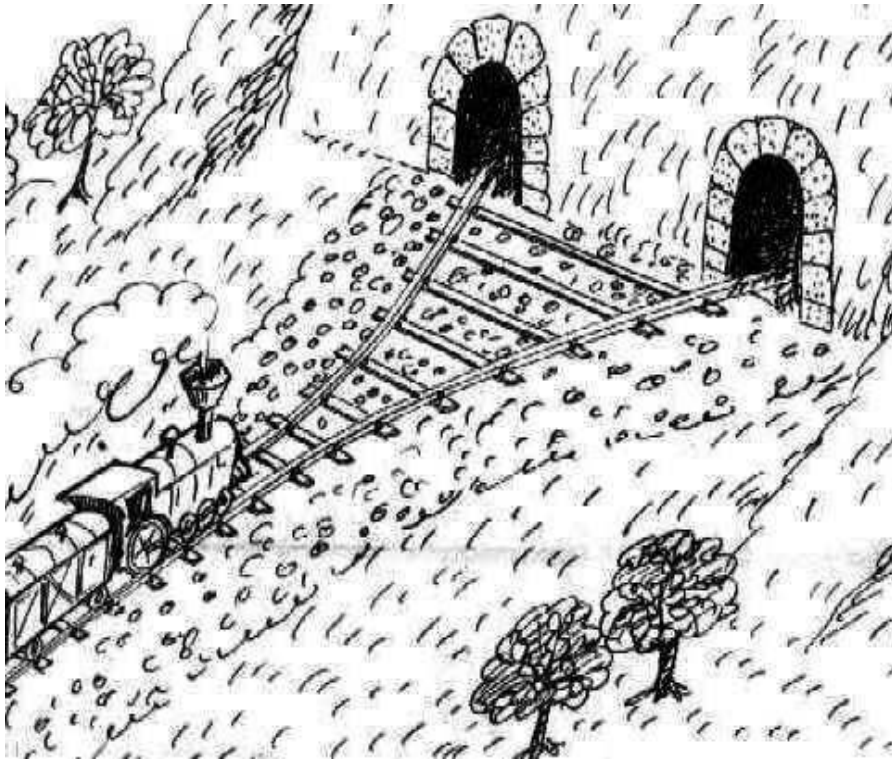
по Бору, альтернативные описания дополняют друг друга – характеризуя разные аспекты проявления реальности.

Такой квантовый дуализм порожден **несовершенством категорий** (сигнатуры языков), которыми мы мыслим, а информация как **мера разнообразия** не редуцируется к свойствам материи

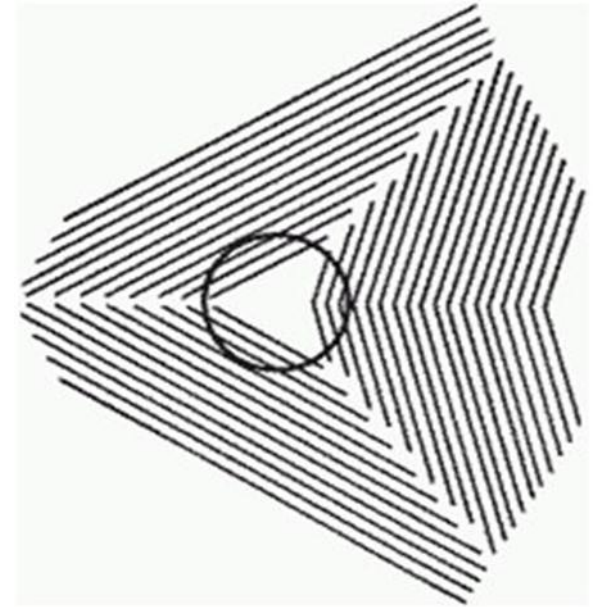


Самосознание и что такое факт измерения

Проблема: код, в котором информация о мире поступает в человеческое сознание в результате «измерений», порождает многомерные образы.

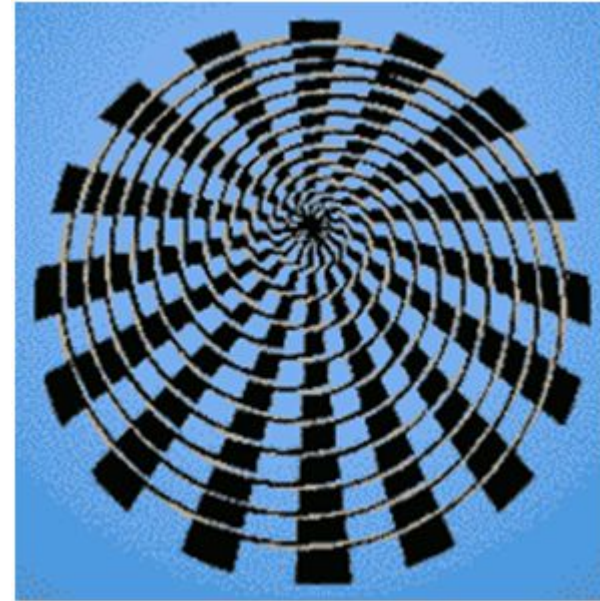
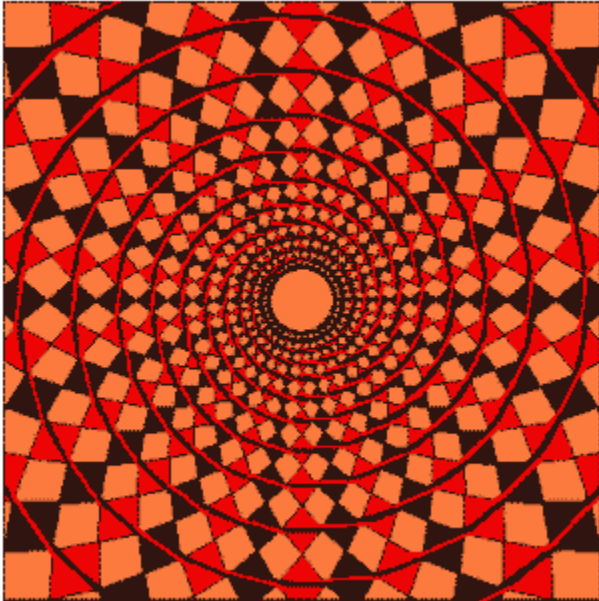


Не всем измерения, которые проводятся в рамках некоторой теории, соответствуют элементы макро реальности



Окружность кажется искаженной

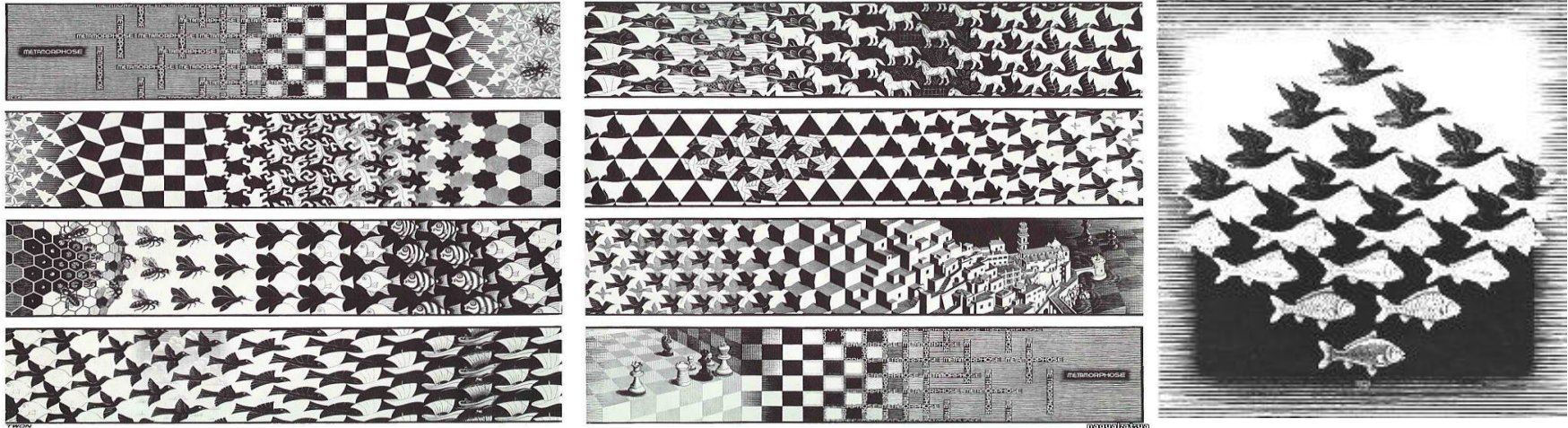
Результаты (факт) измерений зависит от условия эксперимента и устройства прибора.



Это не спирали, это круги.



«Динамика» проявленных состояний системы



В зависимости от результатов измерений система S может быть представлена как «проекция» на ту подсистему, амплитуда вероятности которой равна 1.

Аксиоматика по Колмогорову

Проблема аксиоматизации теории вероятностей включена Д. Гильбертом в формулировку его 6-й проблемы «Математическое изложение основ физики»:

.... что касается аксиом теории вероятностей, то мне казалось бы желательным, чтобы параллельно с логическим обоснованием этой теории шло рука об руку строгое и удовлетворительное развитие метода средних значений в математической физике, в частности, в кинетической теории газов.

Пусть S — множество элементов, которые называются элементарными (альтернативными) событиями, A — множество подмножеств, называемых случайными событиями (или просто — событиями), каждому x из множества A сопоставляется неотрицательное вещественное число $P(x)$ — мера, которая называется вероятностью, причем $P(S)=1$...

- Система может быть задана как совокупность альтернативных состояний, достигаемых с определенной вероятностью.
- Описание физического объекта может быть дано как «единичная сущность», которая находится в суперпозиции своих альтернативных базисных состояний.
- Такое описание позволяет рассматривать физический объект, через совокупностью операторов-проекторов вектора состояния на множество выбранных базисных состояний.