



Санкт-Петербургский
Государственный
Политехнический
Университет

Институт прикладной
математики и механики

**История и методология математики и
компьютерных наук**

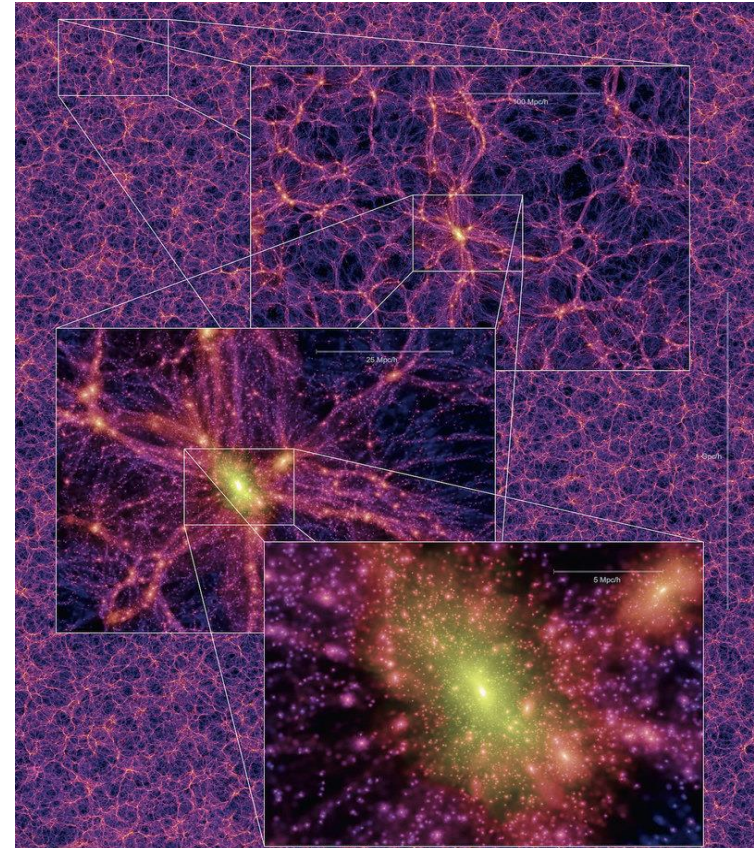
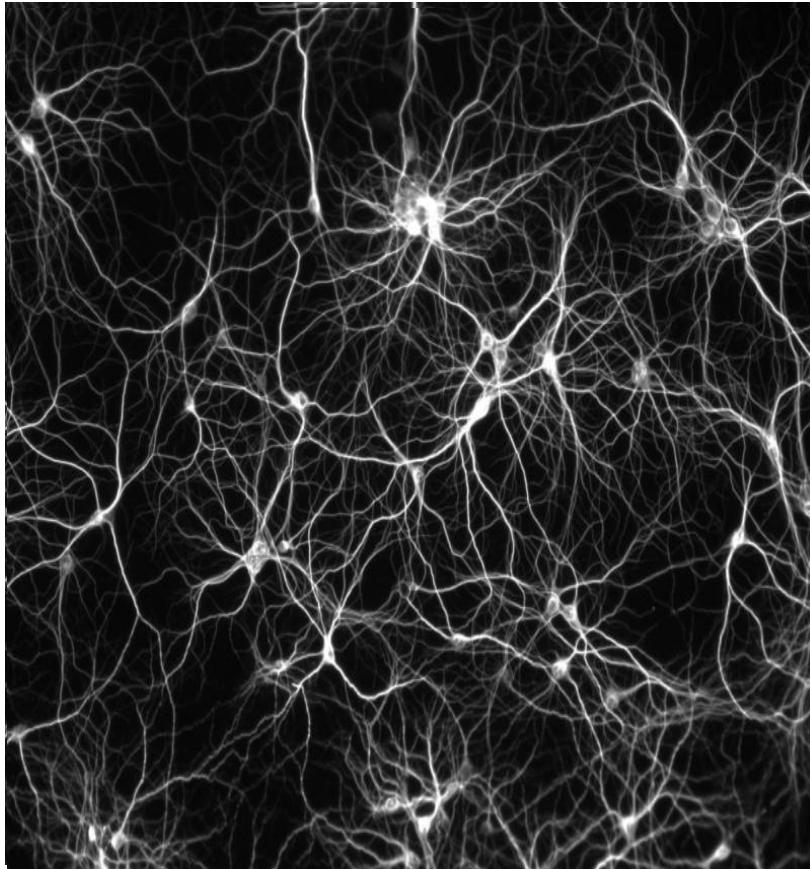
Лекция 13

**Вычислительные процессы
Природы –подчиняются ли
«компьютеры» законам физики**

3 декабря 2020 г.

Фрактальная организация сложных систем – являются ли законы физики следствием информационных процессов

2



Сложность – фактор, учитывающий изменение во времени (взаимодействие объектов со средой своего существования)

Сложность - факторы количества (число элементов или синтаксис) и функциональности(информационные м связи или семантика)

- Согласно современным представлениям, сложность – это свойство открытых систем, в которых наряду с фактором физической причинности изменения состояний проявляется также и фактор памяти – транспортировка состояний во времени.
- Описание меняющихся во времени систем, строго говоря, не доступно **теоретико-множественной математике**, поскольку для этих систем в различные моменты времени не выполняется аксиома экстенциональности, а именно, **тождественности множества самому себе во все моменты времени**.
- Формально проблемы времени решают введением структур, в которых помимо самих множеств-объектов фигурируют некое априорное абстрактное «плотно связанное» множество, играющее роль "оси времени», а само множество становится носителем неопределенности т.е. информации
- Во временном описании все состояния физической системы – альтернативны: $A(t1) \# A(t2)$, следовательно информационно не эквивалентны

Виды физических преобразований

Преобразования, которые сохраняют неопределенность данных (информацию)

- Трансляционные преобразования
- Собственные вращения
- Преобразования классической механики
- Преобразования специальной теории относительности (преобразования Лоренца)

Все преобразования, которые меняют «неопределенность» состояния системы физически **необратимы или нереализуемы**.

Например, **обращение времени** «открытой» системе изменяет «неопределенность» текущего состояния системы, поэтому **физически нереализуемо**

Сложные системы: от физических к информационным законам «сохранения»

- Закон сохранения **рисков** - при любых преобразованиях сложной системы совокупный риск «нарушения» ее функционирования не меняется (экономика).
- Закон мета системных **переходов** – сохранение отдельных элементов системы путем усложнения структуры их взаимодействия и организации (биология)
- Закон сохранения **неопределенности** (соотношение Гейзенберга) - электрон представляет собой "облако вероятностей«(физика)

Физические законы как следствие информационных отношений

- Из закона сохранения неопределенности (неравенство Гейзенберга)

$$\Delta x \Delta p_x \geq \hbar$$

- следует термодинамическое уравнение Гиббса (основное термодинамическое тождество – обмен энергии в форме теплоты **без потерь**) или выражение для полного дифференциала внутренней энергии, которая доступна для преобразования в теплоту при определенном постоянном давлении

$$dH = TdS + VdP$$

- Законы физики в форме уравнений можно записать, если в система «замкнутая» – в ней не допускаются «потери»

Выводы о реализуемости физических законов

- При преобразованиях систем координат неопределенность (информация) сохраняется в том и только в том случае, когда сами преобразования происходят без затраты энергии
- Неопределенность (информация) сохраняется в том и только в том случае, когда значение определителя линейного преобразования координат системы равно единице (преобразование – суть вращение или изменение системы координат).

Выводы из «информационных» законов природы

- Физическая реализуемость трансляционного преобразования времени (сдвиг по времени) означает **однородность времени**.
- Физическая реализуемость трансляционного преобразования пространства (перемещение) означает **однородность пространства**.
- Физическая реализуемость преобразования вращения пространства означает его **изотропность** (т.е. связь между элементами пространства не зависит от выбранного направления).

Что такое с точки зрения физики операция « $1+2=3$ » ?

Что теряется, а что сохраняется ?

Сила или информация ?

- В общей теории относительности (ОТО) сила тяготения – инерциальная сущность, т.е. может быть **устранима** путем выбора «правильной» системы координат. Поэтому ОТО суть «информационный «закон».
- Формально теория Ньютона более последовательна - пространство и время являются некой «сценой» для демонстрации физических явлений и от них (явлений) не зависят. Действия «на сцене» — это предмет изучения физики, свойства сцены – однородность и изотропность – аксиомы.

Где в теории Ньютона «находится» информация ?

Информационное взаимодействие – пятый вид взаимодействия

- Закон сохранения неопределенности (информации) определяет независимость величины взаимодействия сцепленных состояний систем от их расположения в пространстве и от расстояния между ними.
- Физические объекты, например, кубиты, входящие в состав квантового компьютера, можно перемещать с произвольной скоростью друг относительно друга, сохраняя величину информационного взаимодействия.
- Поэтому к четырем известным типам взаимодействия (гравитационному, электромагнитному, сильному и слабому) следует добавить еще один тип взаимодействия – информационное взаимодействие, которое «формализуется» своими законами «сохранения».

- Пространство физических процессов или «пространство-время» Миньковского четырехмерно.
- В этом пространстве место принцип информационной эквивалентности инерциальных систем координат:
 - Неопределенность описания объекта одинакова во всех инерциальных системах координат;
- Скорость физического взаимодействия конечна и одинакова:
 - при любом расположении в пространстве взаимодействующих объектов (следствие устойчивости, однородности и изотропности пространства);
 - в любой момент времени (это является следствием однородности времени);
 - во всех инерциальных системах координат (следствие принципа информационной эквивалентности инерциальных систем координат).
- Когнитивное пространство шестимерно – к трем пространственным координатам + три координаты времени

Информационные характеристики Вселенной

Оценки

- объема информации в Вселенной: 10^{100} бит, из них в обычном веществе 10^{90} бит;
- Минимальный объем информации 10^{91} бит, максимальный 10^{120} бит;
- Рост объема информации при степенном расширении Вселенной пропорционален $\ln t$, а при экспоненциальном расширении пропорционален t .
- Объем классической информации (биомасса) Земли 10^{40} бит; • Объем классической информации формируемой цивилизацией за все время ее существования 10^{20} бит - 10^{30} бит;
- В процессе познания происходит сжатие информации, потенциально до ? раз .

Информационная емкость Вселенной

Каков объем информации который «вычислила» Вселенная за время своего существования ?

- Масса обычного вещества Вселенной и черных дыр равна 10^{52} кг
- Поэтому **минимальный** объем информации 10^{91} бит.

Зная объем информации можно определить структуру Вселенной, которая несет минимальный объемом информации.

Максимально возможный объем информации во Вселенной содержится, если Вселенная представляет собой «одну черную дыру», равен 10^{120} бит .

Тогда, если во Вселенной имеются два типа массы: с квадратичной связью между информацией и массой (черные дыры), и линейной связью между информацией и массой (обычное вещество), то существует конструкция Вселенной, при которой объем информации минимален.

Вселенная массы M , состоящая из черных дыр и только из черных дыр данной массы, содержит минимально возможный объем информации $I_{\text{вс}} \text{ min} = Mc^2 / (2kT \ln 2)$ бит

Информация и познаваемость

Итак: Вселенная содержащая **конечный объем информации** эффективно познаваема!

- Познание системы с конечной информацией внешним наблюдателем возможно тогда и только тогда, когда его «разнообразие» или информационная емкость R_o превосходит разнообразие наблюдаемой системы: $R_s < R_o$.
- Познание части системы с конечной информацией внутренним наблюдателем возможно тогда и только тогда, когда его разнообразие R_{oi} превосходит разнообразие наблюдаемой части системы R_{os} : $R_{os} < R_{oi}$.
- Поскольку внутренний наблюдатель является частью системы, то его разнообразие + разнообразие наблюдаемой части системы не может быть больше разнообразия R_s всей системы (предполагаем, что разнообразие аддитивно) $R_{os} + R_{oi} \leq R_s$

Вывод: Общность информационного подхода

- Поскольку информационные характеристики и свойства неоднородностей, одинаковы во всех Вселенных, то одинаковы и информационные законы.
- Так как физические законы сохранения следуют из информационных законов, то физические законы сохранения одинаковы во всех Вселенных. Одинаковы и информационные ограничения на другие физические законы в разных Вселенных.

- Физика запрещает передачу информации «в пространстве-времени Миньковского» со сверхсветовой скоростью.
-
- Вероятностная природа квантовых измерений открывает новые возможности не только описания, но и формирования реальности, например, заданная последовательность таких измерений прерывается, когда достигнуто «желаемое» состояние системы.