

«В НАЧАЛЕ БЫЛО СЛОВО...»

Евангелие от Иоанна.1

«ВСЕ ОТ БИТА»

J.A. Wheeler

И.М.Гуревич

**ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ И СВОЙСТВА
ПРИРОДЫ КАК СЛЕДСТВИЕ
ЗАКОНОВ ИНФОРМАТИКИ**

Институт проблем информатики РАН,

ООО «ГЕТНЕТ Консалтинг»

Москва, Россия,

igdgurevich@gmail.com

Всё — это информация

- Wheeler J. A. (1998) «Моя жизнь в физике представляется мне разделенной на три периода. В первый из них, растянувшийся с начала моей карьеры и до начала 1950-х годов, я был захвачен идеей, что “Всё — это частицы”. Я искал способы выстроить все базовые элементы материи (нейтроны, протоны, мезоны и т. д.) из самых легких, наиболее фундаментальных частиц — электронов и фотонов. Второй период я называю “Всё — это поля”. Теперь же я захвачен новой идеей: “Всё — это информация”».
- Э. Стин (1997) предложил «...глобальную теоретическую задачу: необходимо определить несколько законов, схожих с законами сохранения энергии и момента, но используемых по отношению к информации и определяющих большую часть квантовой механики».
- Б.Б. Кадомцев (1999) «При переходе к изучению все более сложных систем именно структурные, информационные аспекты их поведения и развития выступают на первый план, а динамика создает лишь основу для информационного развития.

Всё — это информация

- С учетом квантовых процессов в микромире картина развития мира становится еще более сложной и более богатой в смысле ее информационного поведения»
- Р. Пенроуз (1989) «Все больше теоретиков считают, что ключевой идеей, ведущей к «великому объединению» гравитации и квантовой теории, может стать переформулирование взглядов на природу не в терминах материи и энергии, а в терминах информации».
- М. Нильсен и И. Чанг (2000): «Квантовые вычисления и квантовая информация научили нас думать о вычислениях физически, и мы открыли, что этот подход открывает много новых возможностей в области связи и обработки информации ... Мы полагаем, что точно также, как мы научились думать о вычислениях физически, мы можем научиться думать о физике в терминах вычислений. Применение идей из этих областей уже начинает приводить к выработке новых взглядов на физику. Мы надеемся, что в последующие годы этот подход будет успешно применяться во всех ее разделах».

Урсул А.Д. является идейным предшественником, единомышленником автора

- Совсем недавно (в конце 2010г.) автор узнал, что Урсул А.Д. еще в 1968 году в книге «Природа информации. Философский очерк» дал близкое к используемому автором определение информации: «...во-первых, информация связана с разнообразием, различием, во-вторых, с отражением. В соответствии с этим ее можно определить в самом общем случае как отраженное разнообразие. Информация – это разнообразие, которое один объект содержит о другом объекте (в процессе их взаимодействия)... Но информация может рассматриваться и как разнообразие, которое является как бы результатом отражения объектом самого себя, т.е. самоотражения. ...информация выражает свойство материи, которое является всеобщим... Понятие информации отражает как объективно-реальное, не зависящее от субъекта свойство объектов неживой и живой природы, общества, так и свойства познания, мышления... Информация, таким образом, присуща как материальному, так и идеальному. Она применима и к характеристике материи, и к характеристике сознания. Если объективная информация может считаться свойством материи, то идеальная, субъективная информация есть отражение объективной, материальной информации» [стр. 228-229 указаны ссылки на второе издание книги)].

Урсул А.Д. является идейным предшественником, единомышленником автора

- Интересно, что в своей книге Урсул А.Д. отметил, что «Неоднородность – это иное выражение вид разнообразия». [стр. 68].
- «Методами теории информации будут изучаться свойства пространства и времени, чем до сих пор занимались в основном физические теории (например, специальная и общая теории относительности А.Эйнштейна). Итак, физика и теория информации взаимно проникают друг в друга, что в общем ведет к созданию двух основных синтетических дисциплин – особой прикладной теории информации (а скорее всего, ряда его ветвей - термодинамической, квантовой) и информационной физики» [стр. 92-93].
- Таким образом, Урсул А.Д. является идейным предшественником, единомышленником автора и провозвестником новой научной дисциплины «Физическая информатика»...

ОПТИМИЗМ МОЖЕТ БЫТЬ ЧРЕЗМЕРЕН

- К. Шеннон «Очень редко - удается открыть одновременно несколько тайн природы одним и тем же ключом. Здание нашего несколько искусственно созданного благополучия слишком легко может рухнуть, как только в один прекрасный день окажется, что при помощи нескольких магических слов, таких как информация, энтропия, избыточность,... нельзя решить всех нерешенных проблем».
- И.А. Соколов (2007) «Приведенные в книге идеи, примеры описания и исследования физических систем, полученные результаты подтверждают работоспособность используемой методологии исследований. Вместе с тем, порой оптимизм автора, его вера в возможности информационных методов исследований, представляются чрезмерными, некоторые утверждения требуют дополнительной проверки и обоснования. Окончательное суждение о степени эффективности интегрального использования информационного и физического подходов для исследования природы может дать только практика».

Что такое информация?

Информация является неотъемлемой частью Вселенной.

Информация неразрывно связана с массой (материей), энергией. Носителем информации являются неоднородности массы (энергии). «Под информацией мы будем понимать устойчивые определенное время неоднородности произвольной физической природы. Тем самым буква в книге, атом, молекула, элементарная частица, звезда, чертеж, рисунок, вспаханное поле, лес и другие неоднородности содержат и несут информацию» (автор, 1989).

Информация во Вселенной формируется, в частности, при фазовых переходах, инфляционном и обычном расширении.

Наличие информации во Вселенной приводит ученых к использованию информационных методов исследования, как самой информации, так и связанных с информацией массы и энергии

Основные информационные характеристики физических систем

- Основными информационными характеристиками неоднородностей (физических систем) являются:
- неопределенность (информация) и информационная дивергенция, наблюдаемых (наблюдаемой в квантовой механике называют любую физическую величину, которую можно измерить, причем результатами эксперимента обязательно должны являться действительные числа) и состояний (состояние физической системы определяется вектором в гильбертовом пространстве), характеризующая объем информации (информационную емкость) неоднородности;
- дифференциальная информационная емкость материи.
- совместная информационная энтропия, характеризующая унитарные преобразования;
- информация связи, характеризующая взаимодействие физических систем.

О методологии исследований

Следует отметить, что в проводимых исследованиях автор использует общепринятые физические и информационные понятия, характеристики и модели.

Не вводится и не используется никаких новых понятий, не порождается новых сущностей.

Новым является описание физических объектов информационными характеристиками, систематическое изучение их свойств, информационные и физические результаты исследований.

Информационный подход к познанию сложных систем и физическим исследованиям дает возможность:

- представлять известные результаты в информационной форме;
- в сочетании с физическим подходом, получать новые результаты;
- осмысливать, понимать физические явления и модели.
- Формировать ограничения и обосновывать, выводить физические законы, устанавливать свойства природы.

Насколько известно автору, информационный подход систематически используется впервые, поэтому предлагаемые информационные модели пока не учитывают многие детальные характеристики физических систем, учитываемые в развитых физических моделях.

О связи между информацией, энтропией, энергией и массой

- Можно сказать, что объем информации I в системе из n равновероятных состояний в информационных единицах равен $\ln n$ нат, в единицах энтропии равен постоянной Больцмана, умноженной на I : $S = k I$. В этом смысле 1 бит информации эквивалентен постоянной Больцмана умноженной на $\log_2 n$.
- Взаимосвязь между энергией и информацией существует, но конкретный вид взаимосвязи определяется способом получения, хранения, передачи информации и действующими ограничениями. **На запись, передачу одного бита информации необходимо затратить энергию, не меньшую $E_{min} = kT \ln 2$.**
- **Связь между энергией (массой) и информацией имеет условный несимметричный характер.** Для записи одного бита в определенных физических условиях необходимая энергия (масса) ограничена снизу определённой величиной. В то же время, данная энергия (масса) может быть использована как для формирования информации равной одному биту, так и для формирования информации меньше или даже существенно меньшей одного бита.

Основные законы и принципы информатики 1

- *Закон простоты сложных систем. Реализуется, выживает, отбирается тот вариант сложной системы, который обладает наименьшей сложностью.*
- Закон простоты сложных систем реализуется природой в ряде конструктивных принципов:
 - «бритва Оккама»;
 - иерархического модульного построения сложных систем;
 - симметрии;
 - симморфоза (равнопрочности, однородности);
 - устойчивости;
 - полевого взаимодействия (взаимодействия через носитель или взаимодействия через состояние пространства-времени, например, кривизну пространства-времени);
 - экстремальной неопределенности (функции распределения характеристик, параметров, имеющих неопределенные значения, имеют экстремальную неопределенность).

Основные законы и принципы информатики 2

- **Закон сохранения неопределенности (информации).** *Неопределенность (информация) изолированной (замкнутой) системы сохраняется при физически реализуемых преобразованиях и только при физически реализуемых преобразованиях.*
- **Закон конечности информационных характеристик сложных систем.** *Все виды взаимодействия между системами, их частями и элементами имеют конечную скорость распространения. Ограничена также скорость изменения состояний элементов системы.*
- В любой системе координат информация о событии всегда конечна.
- Длительность сигнала всегда больше нуля.
- Информация о координатах физических систем в нашем мире ограничена 333 битами.
- **Закон необходимого разнообразия Эшби.** *Для эффективного функционирования системы разнообразие управляющего органа должно быть не менее разнообразия объекта управления.*
- .

Основные законы и принципы информатики 3

- Отметим, что неопределенность (информация) является основной характеристикой разнообразия системы.
- Закон необходимого разнообразия Эшби также реализуется в ряде конкретных принципов: теоремы Шеннона, теорема Котельникова, теорема Холево,
- теорема Брюллиена, теорема Марголиса–Левитина
- *Теорема Геделя о неполноте. В достаточно богатых теориях (включающих арифметику) всегда существуют недоказуемые истинные выражения.*
- *Закон роста сложности систем. В ходе эволюции системы ее неопределенность (информация в системе) растет.*

Этапы развития Вселенной и логическая структура законов природы 1

- 1. Структуре законов природы соответствуют этапы возникновения и развития Вселенной. Из двух событий в жизни Вселенной раньше происходит то событие, которое логически предшествует другому событию.
- 2. В начальные моменты времени действовали информационные законы:
 - Закон простоты сложных систем, принцип полевого взаимодействия.
 - Закон сохранения неопределенности (информации).
 - Закон конечности характеристик сложных систем.
 - Закон необходимого разнообразия Эшби.
 - Теорема Геделя.
 - Закон роста сложности систем.
- 3. Информационные законы содержались в начальных неоднородностях Вселенной.
- 4. Информационные законы и расширение Вселенной определили физические законы (содержащие их неоднородности).

Этапы развития Вселенной и логическая структура законов природы 2

- 5. Информационные законы ограничивали симметрию Вселенной, физические преобразования и процессы взаимодействия частиц: якобиан (определитель) преобразования равен единице, преобразования линейны, взаимодействие частиц определяется принципом полевого взаимодействия, ...
- 6. Ограничения на симметрию Вселенной и физические преобразования определили физические законы сохранения: энергии, импульса, момента импульса, заряда, а также множество и характеристики возникающих при расширении Вселенной частиц и полей.
- 7. Расширение Вселенной породило неоднородности (информацию): различные типы взаимодействия, частицы и соответствующие им поля, атомы, молекулы, галактики, звезды, планеты, Жизнь,...

Строение Вселенной

- Вселенная устроена наиболее простым образом.
- Описание (теоретическая модель) Вселенной должна быть наиболее простой.
- Простота, сложность систем определяется объемом информации в них содержащейся (объемом информации необходимой для их описания).
- Вселенная представляет собой иерархическую совокупность физических систем.
- Доказательство следует из принципа иерархического построения сложных систем закона простоты сложных систем – сложные системы имеют иерархическую модульную структуру.

Классическая и квантовая физика 1

- *Аксиомы классической и квантовой физики могут быть сформулированы на классическом языке.*
- Классическая логика — термин, используемый в математической логике, для указания того, что для данной логики справедливы все законы (классического) исчисления высказываний, в том числе закон исключенного третьего.
- Множество аксиом классической и квантовой физики ограничено и непротиворечиво. Среди них отсутствуют недоказуемые истинные утверждения.
- *Все утверждения о физических системах не могут быть сформулированы на классическом языке. Для формулировки утверждений о физических системах должен использоваться язык квантовой физики.*
- В силу теоремы Геделя физика не может ограничиться классическими теориями, в рамках которых всегда существуют недоказуемые истинные выражения, что объясняется потенциально неограниченным числом утверждений о физических системах. Это объясняет обязательное существование квантовой физики, описывающей физические системы вероятностными характеристиками.

Классическая и квантовая физика 2

- Применение принципа максимальной информационной энтропии при ограничениях на сумму вероятностей путей ($=1$) и среднее действие позволяет получить распределение вероятностей путей, статистическую сумму, среднее действие и волновую функцию пути (ЛИЗИ).
- Сочетание классического сложения вероятностей различных альтернатив с классическим выбором одного из нескольких равновероятных путей приводит к квантовомеханическому волновому правилу сложения амплитуд.

Описание физических систем

- Физические системы, объекты, наблюдаемые описываются волновой функцией или амплитудой вероятности, содержащими в качестве параметров и переменных физические характеристики.
- Квадрат модуля волновой функции или амплитуды вероятности есть плотность вероятности или вероятность.
- Физические системы, объекты, наблюдаемые описываются информационной характеристикой – неопределенностью (информацией). Мерой неопределенности (информации) является информационная энтропия Шеннона, определяемой как функционал на волновой функции или амплитудах вероятности.
- Неоднородности физической системы описываются информационной характеристикой – дивергенцией, определяемой как функционал на волновой функции или амплитудах вероятности.
- Унитарные преобразования описываются информационной характеристикой – совместной энтропией.
- Взаимодействие (запутанность, сцепленность) физических систем, объектов описывается информационной характеристикой – информацией связи.

Информационные ограничения на физические преобразования 1

- Преобразования состояний в комплексном евклидовом пространстве, сохраняющие вероятностную структуру состояний (сумма вероятностей полученных при измерении одного из базисных состояний для исходного состояния равна единице, и сумма вероятностей полученных при измерении одного из базисных состояний для конечного состояния равна единице), являются унитарными.
- Преобразования состояний в действительном евклидовом пространстве, сохраняющие вероятностную структуру состояний (сумма вероятностей получения при измерении одного из базисных состояний для исходного состояния равна единице, и сумма вероятностей получения при измерении одного из базисных состояний для конечного состояния равна единице), являются ортогональными.

Информационные ограничения на физические преобразования 2

- Трансляционные преобразования (сдвиг) являются наиболее простыми.
- Линейные преобразования координат, как и трансляционные, являются наиболее простыми преобразованиями.
- Действительные переменные являются наиболее простыми.
- Во Вселенной действуют трансляционные преобразования координат как наиболее простые.
- Во Вселенной действуют линейные преобразования координат как наиболее простые.
- Наблюдаемые являются действительными величинами как наиболее простыми.

Информационные ограничения на физические преобразования 3

- При преобразованиях систем координат неопределенность (информация) сохраняется в том и только в том случае, когда значение якобиана преобразования равно единице

$$J\left(\frac{x_1, \dots, x_n}{y_1, \dots, y_n}\right) = 1$$

- Неопределенность (информация) сохраняется в том и только в том случае, когда значение определителя линейного преобразования координат равно единице.
- При глобальных калибровочных преобразованиях, неопределенность (информация) сохраняется.
- При локальных калибровочных преобразованиях неопределенность (информация) сохраняется.

Реализуемость физических преобразований

- Трансляционные преобразования сохраняют неопределенность (информацию), поэтому они в силу закона сохранения неопределенности (информации), физически реализуемы.
- Собственные вращения сохраняют неопределенность (информацию), поэтому они в силу закона сохранения неопределенности (информации), физически реализуемы.
- Преобразования классической механики (преобразования Галилея) сохраняют неопределенность (информацию), поэтому они в силу закона сохранения неопределенности (информации), физически реализуемы.
- Преобразования специальной теории относительности (преобразования Лоренца) сохраняют неопределенность (информацию), поэтому они в силу закона сохранения неопределенности (информации), физически реализуемы.
- Отражения, несобственные вращения, обращение времени в изолированной (замкнутой) системе запрещены и физически нереализуемы.
- Глобальные (локальные) калибровочные преобразования , сохраняют неопределенность, поэтому они в силу закона сохранения неопределенности (информации), физически реализуемы.

Свойства пространства-времени

- Физическая реализуемость трансляционного преобразования времени означает однородность времени.
- Физическая реализуемость трансляционного преобразования пространства означает однородность пространства.
- Физическая реализуемость преобразования собственного вращения пространства означает изотропность пространства.

Физические законы как следствие информационных законов 1

- Из однородности времени следует закон сохранения энергии.
- Из однородности пространства следует закон сохранения импульса.
- Из изотропности пространства следует закон сохранения момента импульса.
- Из инвариантности лагранжиана относительно глобального калибровочного преобразования типа $\psi' = e^{i\alpha Q} \psi$, где Q – заряд частицы, взаимодействующей с полем ϕ произвольного типа, число, зависящее от пространственно-временных координат частицы, следует закон сохранения заряда.
- Из инвариантности лагранжиана относительно локального калибровочного преобразования типа $\psi'(x) = e^{i\alpha(x)} \psi(x)$, где $\alpha(x)$ – в общем случае матрица, зависящая от пространственно-временных координат, следуют законы электромагнитного, слабого и сильного взаимодействия.

Физические законы как следствие информационных законов 2

- Из закона сохранения неопределенности (информации) следует термодинамическое уравнение Гиббса (основное термодинамическое тождество).

- Выражение для полного дифференциала внутренней энергии называется уравнением Гиббса:

$$dU = TdS - PdV$$

- Если при переходе системы из начального состояния в конечное состояние формируются кванты излучения с нулевой массой покоя, то

$$dU = 2,7TdS$$

- Если при переходе системы из начального состояния в конечное состояние формируются формируются частицы (адроны: барионы и мезоны с ненулевой массой покоя), то

$$dU - \frac{dI}{I_p} m_p c^2 = \frac{3}{2I_p} TdS$$

Физические законы как следствие информационных законов 3

- Суммарная неопределенность обобщенной и дополнительной координат q' и p' при масштабном преобразовании (умножении аргумента q на число $k > 0$) равна исходной суммарной неопределенности обобщенной и дополнительной координат q и p

$$N_{q'} + V_{p'} = N_q + V_p$$

О связи между неопределенностью (информацией) и гравитацией

- Рассмотрим трехмерное евклидово пространство R^3 . Выделим в нем шар радиуса r . Объем шара радиуса r равен $V=4\pi/3 r^3$. Предположим, что в шаре располагается частица, радиус которой равен r_0 . Объем частицы равен $V_0=4\pi/3 r_0^3$. Неопределенность расположения частицы в шаре (пространственная неопределенность частицы) равна $N=\log_2 V/V_0=3\log_2 r-3\log_2 r_0$.
- Возьмем первую производную от неопределенности по радиусу $dN/dr=1/r \cdot 3/\ln 2$. Первая производная с точностью до константы есть гравитационный потенциал единичной массы.
- Возьмем вторую производную от неопределенности по радиусу $d^2N/dr^2=-1/r^2 \cdot 3/\ln 2$. Вторая производная с точностью до константы есть напряженность гравитационного поля.
- Таким образом, показано, что пространственная неопределенность (информация о расположении частицы в пространстве) определяет ньютоновский гравитационный потенциал (первая производная неопределенности по радиусу), напряженность гравитационного поля (вторая производная неопределенности по радиусу).
- Аналогичным образом связано с пространственной неопределенностью кулоновское взаимодействие.

Информационное взаимодействие – пятый вид взаимодействия

- Взаимодействие сцепленных (запутанных) состояний, систем измеряется в битах.
- Закон сохранения неопределенности (информации) определяет независимость величины взаимодействия сцепленных состояний, систем от их расположения в пространстве и от расстояния между ними. Кубиты, подсистемы, входящие в состав квантовой системы, можно перемещать с произвольной скоростью друг относительно друга, сохраняя величину информационного взаимодействия.
- К четырем известным типам взаимодействия (гравитационному, электромагнитному, сильному и слабому) следует добавить еще один тип взаимодействия – *информационное взаимодействие*.
- Следует отметить, что интенсивность информационного взаимодействия, в общем случае, убывает со временем. Причиной этому служит декогерентизация сцепленных состояний, подсистем, обусловленная взаимодействием с внешней средой.

Связь между информацией и массой в разных типах материи

- Черная дыра содержит неоднородности (информацию) в объеме пропорциональном квадрату массы:

$$I_{\text{ЧД}} = \chi_{\text{ЧД}} M_{\text{ЧД}}^2$$

- Нейтронная звезда (белый карлик) содержит неоднородности (информацию) в объеме пропорциональном массе, умноженной на логарифм массы:

$$I_{\text{Нз}} = \chi_{\text{Нз}} M_{\text{Нз}} \log_2 \beta_{\text{Нз}} M_{\text{Нз}}$$

- Обычное вещество содержит неоднородности (информацию) в объеме пропорциональном массе:

$$I_{\text{Ов}} = \chi_{\text{Ов}} M_{\text{Ов}}$$

- Темная материя содержит неоднородности (информацию) в объеме пропорциональном массе, но существенно меньшем, чем обычное вещество.
- Темная энергия не содержит неоднородностей (информации).

Дифференциальная информационная емкость материи и информационный спектр частоты и температуры излучения 1

- Изменение объема информации в материи при изменении ее массы определяется дифференциалом функции

$$dI = \frac{df(M)}{dM} dM = f'(M)dM$$

- Производная объема информации по массе характеризует дифференциальную информационную емкость (материи – изменение объема информации в материи при единичном изменении массы).
- Для обычного вещества дифференциальная информационная емкость обычного вещества не зависит от его массы.
- Дифференциальная информационная емкость черной дыры прямо пропорциональна ее массе.
- Дифференциальная информационная емкость нейтронной звезды примерно пропорциональна логарифму числа нейтронов, логарифму массы звезды.

Дифференциальная информационная емкость материи и информационный спектр частоты и температуры излучения 2

- Информационный спектр частоты излучения материи (спектр частоты, которую имеет излучение материи соответствующей массы) обратно пропорционален дифференциальной информационной емкости

$$\nu = \frac{c^2}{hf'}$$

- информационный спектр температуры материи (спектр температуры которую имеет излучение материи соответствующей массы) обратно пропорционален дифференциальной информационной емкости.

$$T = \frac{c^2}{2,7kf'}$$

Закон необходимого разнообразия Эшби и устойчивость сложных систем определяют трехмерность пространства

- Только в 3+1-мерном мире может возникнуть система сравнимая по сложности с человеком. 1-и 2-мерное пространство исключаются как недостаточные для сколько-нибудь сложно устроенной нервной системы.
- Эренфест рассматривает физику в n -мерном евклидовом пространстве E^n . Закон взаимодействия с точечным центром он выводит из дифференциального уравнения Пуассона (закона Гаусса). В качестве законов динамики Эренфест использует обобщение ньютоновских законов динамики на случай E^n . На основе данных законов взаимодействия и динамики Эренфест анализирует, в частности, устойчивость орбит в поле гравитирующего центра (планетная система). Оказалось, что только в пространстве E^3 возможно как устойчивое финитное, так и инфинитное движение.

Свойства пространства

- Пространство-время четырехмерно.
- Взаимодействие частиц осуществляется через поля и/или искривление пространства-времени.
- Принцип информационной эквивалентности инерциальных систем координат:
- Неопределенность описания объекта одинакова во всех инерциальных системах координат;
- Объем информации об объекте, получаемый при его измерениях в различных инерциальных системах координат в единицу времени, одинаков.
- Скорость взаимодействия:
- конечна и одинакова при любом расположении в пространстве взаимодействующих объектов (это является следствием устойчивости, однородности и изотропности пространства);
- одинакова в любой момент времени (это является следствием однородности времени);
- конечна и одинакова во всех инерциальных системах координат (последнее является следствием из принципа информационной эквивалентности инерциальных систем координат).

Законы информатики (закон простоты сложных систем, закон сохранения неопределенности) позволяют отобрать самую простую систему космологических моделей

- 1. Вселенная тождественна Метагалактике.
- 2. Вселенная является объектом однородным.
- 3. Вселенная является объектом изотропным.
- 4. Вселенная является объектом плоским.

- Увеличение масштабного фактора в период инфляции составляет примерно 10^{45} раз.

- Расширение Вселенной из начальных неоднородностей порождает новые неоднородности (информацию)
 - Различные типы взаимодействия.
 - Различные типы частиц и соответствующие им поля.
 - Различные типы атомов, молекул.
 - Различные типы звезд, планет.
 - Жизнь,...

Были ли во Вселенной, в начале существования, неоднородности?

- Были ли во Вселенной, в начале существования, неоднородности? Или же неоднородности сформировались позже в ходе расширения Вселенной.
- «Сразу же подчеркнем, что какие-то начальные неоднородности Вселенной необходимы, так как на фоне абсолютно однородной Вселенной образование крупномасштабной структуры (галактик, их скоплений) невозможно» [Зельдович Я.Б.].
- «Четырнадцать миллиардов лет назад, в момент рождения, вся Вселенная была заключена в точке радиусом 10^{-33} см, что неизмеримо меньше радиуса протона - 10^{-13} см. В этом объеме уже была заложена вся информация о будущем Вселенной. Произошел Большой взрыв» (гипотеза о начальной информации).

УТВЕРЖДЕНИЯ О НЕОДНОРОДНОСТЯХ

Утверждение 1.

В начальные моменты времени неоднородности обычной материи во Вселенной существовали.

Примечание 1. Данное утверждение справедливо при любой физической природе неоднородностей, при любом физическом механизме образования неоднородностей, любой физической модели формирования неоднородностей.

Примечание 2. Данный результат дает строгое обоснование приведенного ранее утверждения Я.Б. Зельдовича .

Утверждение 2.

В начальные моменты времени неоднородности темной материи во Вселенной существовали.

Утверждение 3.

В начальный и последующие моменты времени неоднородностей в темной энергии не было. Темная энергия (вакуум) была распределена равномерно.

РОСТ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ПРИ РАСШИРЕНИИ ВСЕЛЕННОЙ 3

- При степенном расширении Вселенной в период 10^{-34} с – 10^{-10} с для на 1 бит классической информации формируется примерно 160 бит классической информации. Следовательно, для получения 10^7 классических бит информации в момент 10^{-10} с необходимо иметь примерно 10^5 классических бит в момент 10^{-34} с - массу порядка $1E+7$ кг. Это, по-видимому, невозможно. Поэтому, начальная информация должна была, в значительной мере, сформироваться при инфляционном расширении Вселенной.
- При инфляционном расширении Вселенной в период 10^{-34} с – 10^{-32} с из одного бита классической информации, содержащейся в начальных неоднородностях Вселенной формируется объем информации, порядка 10^3 бит классической информации.
- При инфляционном расширении в период 10^{-34} с – 10^{-32} с и дальнейшем степенном расширении Вселенной в период – на один классический бит информации к моменту 10^{-10} с формируется примерно 10^5 классических бит информации.

НАЧАЛЬНАЯ МАССА НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ВСЕЛЕННОЙ

- Для получения 10^7 классических бит информации в момент 10^{-10} с необходимо иметь примерно 10^2 классических бит в момент - массу порядка $1\text{E}+4$ кг. Такова оценка массы начальной неоднородности Вселенной в момент 10^{-34} , массы, необходимой для «записи» физических законов природы.
- Если на 1 бит классической информации приходится $1\text{E}-28$ кг (оценка для атома водорода), то для получения 10^7 классических бит информации в момент, необходимо иметь массу порядка 10 кг.
- Это может свидетельствовать в пользу уточненной гипотезы о начальной информации: «...в момент 10^{-34} с, вся Вселенная была заключена в области радиусом 10^{-24} см... В этом объеме уже была неоднородность массы порядка $1\text{E}+4$ кг, содержащая 10^2 бит классической информации, из которой сформировалась вся информация о будущем Вселенной...».

Формирование информации при расширении Вселенной

- Причины и источники формирования информации – расширение Вселенной и ее исходная неоднородность. При расширении Вселенной изменяется ее фазовое состояние (симметрия) и кривизна пространства; формируются различные типы неоднородностей массы и энергии, в частности, возникают фундаментальные и элементарные частицы, галактические, звездные, планетные системы; формируется классическая информация, в том числе, аминокислоты, азотистые основания, белки, ДНК, организмы, цивилизации.
- Фазовые переходы формируют неопределенность (информацию).
- Кривизна пространства формирует неопределенность (информацию).
- При инфляционном расширении при сохранении числа частиц объем информации во Вселенной растет пропорционально времени расширения.
- При степенном расширении и при сохранении числа частиц объем информации во Вселенной растет пропорционально логарифму времени расширения
- Объем информации, формируемый в движущейся с ускорением системе координат, равен $\frac{ax}{c^2}$ бит (эффект УНРУ).

Оптимальные черные дыры

- Существуют оптимальные черные дыры, при которых минимален объем информации в области Вселенной заданной массы, состоящей из обычного вещества и одной черной дыры.
- Объем информации в оптимальной черной дыре пропорционален квадрату коэффициента, связывающего объем информации с массой в обычном веществе, и обратно пропорциональна коэффициенту, связывающего объем информации с массой в черной дыре $I_{\text{Чд опт}} = \frac{\beta^2}{4\alpha}$.
- Объемы информации и массы, полученные при решении прямой задачи (минимизация объема информации в системе «черная дыра – обычное вещество» при заданной массе системы и двойственной задачи (максимизация массы системы «черная дыра – обычное вещество» при заданном объеме информации в системе), совпадают, что означает однозначность понятия оптимальной черной дыры.

Значение минимального объема информации во Вселенной

- В нашей Вселенной, в которой масса обычного вещества и черных дыр $\sim 10^{52}$ кг минимальный объем информации достигается, если Вселенная «излучение-черные дыры» состоит из $\sim 10^{29}$ черных дыр оптимальной массы и только из них, и равен $\sim 10^{91}$ бит.
- **Минимально возможный объем информации во Вселенной, наполненной только оптимальными черными дырами, в два раза меньше объема информации во Вселенной, наполненной только обычным веществом.**

Структура Вселенной с минимальным объемом информации

- Известно, что максимально возможный объем информации во Вселенной содержится, если Вселенная представляет собой одну черную дыру (В нашей Вселенной 10^{120} бит).
- 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. Для системы «излучение-черные дыры»:

Вселенная массы M , состоящая из $N_{\text{чд}} = V \frac{4\pi^2 kT}{\hbar c^3}$ черных дыр с оптимальной массой $M_{\text{чд.опт}} = \frac{\hbar c^3}{4\pi^2 kT}$, каждая, и только из черных дыр данной массы, содержит минимально возможный объем информации равный

$$I_{\text{Вс.мин}} = V \frac{c^2}{2kT \ln 2} \quad \text{бит.}$$

Информационные ограничения на слияние черных дыр

При слиянии двух черных дыр, имеющих массы без (с)

$$M_1 = \nu_1 m_0$$

$$M_2 = \nu_2 m_0$$

использования (ем) дополнительного обычного вещества
масса получившейся черной дыры меньше (больше)

$$\sqrt{M_1^2 + M_2^2}.$$

При слиянии двух черных дыр одинаковой массы без (с)

$$M_1 = M_2 = m_0 = M$$

использования (ем) дополнительного обычного вещества
масса получившейся черной дыры меньше (больше)

$$M\sqrt{2}.$$

Масса черной дыры, получившейся при слиянии двух черных дыр одинаковой массы M , в $\sqrt{2}$ меньше (больше) суммы масс сливающихся черных дыр.

Представление квантовой системы в виде системы кубитов

- Произвольное состояние квантовой системы конечной размерности может быть представлено в виде прямой суммы тензорных произведений кубитов.
- Из закона сохранения неопределенности следует, что если система из n кубитов находится в состоянии $|\psi\rangle$, то при изменении координат отдельных кубитов, подмножеств кубитов, подсистем, сцепленного состояния в целом, неопределенности сцепленных состояний сохраняются. При изменении ориентации в пространстве отдельных кубитов, подмножеств кубитов, сцепленного состояния в целом, неопределенности сцепленных состояний также сохраняются. Кубиты, входящие в состав сцепленного состояния, можно перемещать с произвольной скоростью друг относительно друга, не меняя неопределенность.
- Копирование (клонирование) квантовых объектов с неизвестными состояниями невозможно.
- Любые вычисления на квантовом компьютере можно выполнять с сохранением неопределенности.
- Для формирования фундаментальных частиц необходимо не менее шести кубитов.

Совместная информационная энтропия матриц смешивания

- • Совместная энтропия, соответствующая унитарной матрице

, ограничена значениями

$$\log_2 n \leq I(U) \leq \log_2 n$$

- • Совместные энтропии, характеризующие матрицы смешивания кварков и матрицы смешивания электрослабого взаимодействия, вычисленные по известным экспериментальным значениям, практически одинаковы. Оценки совместной энтропии по разным независимым экспериментальным данным, характеризующей матрицы смешивания электрослабого взаимодействия (1,7849; 1,7787; 1,7645; 1,7945), близки к оценкам совместной энтропии матриц смешивания кварков (1,7842, 1,7849). Это свидетельствует о единой информационной и физической природе сильного и электрослабого взаимодействия.

Фундаментальные ограничения на характеристики информационных систем

- Оценки объема информации в атомах, аминокислотах, азотистых основаниях определяют фундаментальные ограничения на информационную емкость устройств хранения данных 10^{28} (10^{25}) бит/кг.
- Разность энергий базисных состояний атома водорода, рассматриваемого как кубит, накладывает фундаментальные ограничения на быстродействие вычислительных устройств $1,5 \cdot 10^{12}$ оп/с .
- Ограничения 10^{28} бит/кг, $1,5 \cdot 10^{12}$ оп/с можно добавить в ряд фундаментальных природных ограничений, включающих скорость света, элементарный заряд, планковское время, . . .

Информационные характеристики нашей Вселенной

Объем информации в нашей Вселенной:

- В настоящее время - $\sim 10^{100}$ ($10^{99} - 10^{107}$) бит, из них в обычном веществе $\sim 10^{90}$ бит;
- Минимальный $\sim 10^{91}$ бит;
- Максимальный $\sim 10^{120}$ бит;
- Рост объема информации при степенном расширении $\sim \ln t$;
Уменьшение плотности информации $\sim (\ln t) : (t^2)$.
- Рост объема информации при экспоненциальном расширении $\sim t$.
Уменьшение плотности информации $\sim t : (e^t)$.
- Объем классической информации (биомасса Земли) $\sim 10^{40}$ бит;
- Объем классической информации формируемой цивилизацией $\sim 10^{20}$ бит (текущая оценка)- $\sim 10^{30}$ бит (оценка сверху);

Скорость передачи информации – скорость света.

Сжатие информации в процессе познания $\sim 10^{80}$ раз [33, 34].

Существует пятый тип универсального взаимодействия -
информационное взаимодействие.

Познание Вселенной

- Субъект познания должен быть классическим объектом.
- Познание системы с конечной информацией внешним наблюдателем возможно тогда и только тогда, когда его разнообразие R_{oo} превосходит разнообразие наблюдаемой системы: $R_s < R_{oo}$.
- Познание части системы с конечной информацией внутренним наблюдателем возможно тогда и только тогда, когда его разнообразие R_{oi} превосходит разнообразие наблюдаемой части системы R_{ps} , $R_{os} < R_{oi}$. Поскольку внутренний наблюдатель является частью системы, то его разнообразие плюс разнообразие наблюдаемой части системы не может быть больше разнообразия R_s всей системы (предполагаем, что разнообразие аддитивно) $R_{os} + R_{oi} \leq R_s$.
- Система с конечной информацией эффективно познаваема внутренним наблюдателем при коэффициенте сжатия разнообразия не меньшем величины $(R_{os} + R_{oi})/R_{oi}$.
- Вселенная с конечной информацией эффективно познаваема.

Познание Вселенной

- Коэффициент сжатия информации в процессе познания Вселенной не может быть более 10^{76} .
- Теоретический (описание) и экспериментальный (измерение) способы познания имеют одинаковую познавательную силу – объемы информации, получаемые при теоретических и экспериментальных исследованиях, потенциально одинаковы.
- При оценках изменения характеристик замкнутой (изолированной) системы при внутренних преобразованиях, при оценках изменения характеристик замкнутой (изолированной) системы при взаимодействии частей системы необходимо совместно использовать информационный закон сохранения неопределенности (информации) и физические законы сохранения энергии, импульса,...

Общность информационного подхода

Поскольку неоднородности должны существовать во всех Вселенных с любыми физическими законами, то **подход, базирующийся на информационных оценках неоднородностей любой природы и соответствующие закономерности, распространяется на все возможные Вселенные.**

Поскольку информационные характеристики и свойства неоднородностей, по своему смыслу, одинаковы во всех Вселенных, то **информационные законы одинаковы во всех Вселенных.**

Так как физические законы сохранения следуют из информационных законов, то **физические законы сохранения одинаковы во всех Вселенных.** Одинаковы и информационные ограничения на другие возможные физические законы в разных вселенных.

· **Не означает ли это идентичность всех возможных вселенных?**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1. Сформирован информационный подход к исследованию физических систем: системы дополнительно описываются информационными характеристиками и производится совместное изучение информационных и физических характеристик. При изучении физических систем наряду с физическими законами используются законы информатики. **Показана первичность законов информатики.** Осуществляется поиск наиболее простых вариантов описания Вселенной и ее частей, удовлетворяющих экспериментальным данным.
- 2. Можно утверждать, что задача, поставленная Э. Стином в книге «Квантовые вычисления» – «...необходимо определить несколько законов, схожих с законами сохранения энергии и момента, но используемых по отношению к информации и определяющих большую часть квантовой механики...» — решена.
- 3. Продолжение исследований на основе информационного подхода даст возможность уточнить и обобщить ранее полученные результаты, получить новую важную информацию для познания Вселенной и ее составных частей, перейти от примеров использования методов информатики в физических исследованиях к созданию объединенной информационно-физической теории.

Задачи дальнейших исследований

- Необходимо учесть в информационных моделях физических систем параметры, учитываемые в физических моделях, (например, в модели черной дыры – заряд, вращение).
- Необходимо осмыслить и обобщить полученные результаты и дать единое описание физических систем и Вселенной, основанное на законах информатики и физики.
- Важными объектами детальных исследований методами информатики на ближайшие годы станут физические системы, в том числе, Вселенная (построение информационных моделей двойных систем, разработка моделей и методов управления и развития Вселенной, Земли, информационных основ Теории Всего) и квантовые компьютеры, сети и системы квантовых компьютеров.
- Повысить эффективность дальнейших исследований можно привлекая физиков, астрофизиков, геофизиков, геологов,... к непосредственному участию в исследованиях.

Список источников 1

- *Ландау Л.Д., Лившиц Е.М.* Квантовая механика. Нерелятивистская теория. Наука. Москва, 1974.
- *Дирак П.* Принципы квантовой механики. Физматгиз, Москва, 1960.
- *Садбери А.* Квантовая механика и физика элементарных частиц. М. Мир, 1989.
- *Борисов А. В.* Основы квантовой механики. Учебное пособие. - М.: Изд-во *физического* факультета МГУ, 1999.
- *Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс Э.* «Фейнмановские лекции по физике, т. 8, 9, «Мир», Москва, 1967, 1968.
- *Zeilinger, A.* "A Foundational Principle for Quantum Mechanics", *Foundations of Physics* 29 (4): 631-43. (1999).
- *Соколов И.А.* О методологии исследований. Предисловие к книге «Законы информатики – основа строения и познания сложных систем». Издание второе уточненное и дополненное. М. «Горус Пресс».2007.
- *Гуревич И.М.* Законы информатики – основа исследований и проектирования сложных систем связи и управления. Методическое пособие. М. ЦООНТИ «Экос». 1989.
- *Шеннон К.* Математическая теория связи. Работы по теории информации и кибернетики. Издательство иностранной литературы, М. 1963 – с. 243 – 332.
- *Гуревич И.М.* «Законы информатики – основа строения и познания сложных систем». – М.: «Антиква», 2003.
- *Гуревич И.М.* «Законы информатики – основа строения и познания сложных систем». Издание второе уточненное и дополненное. М. «Горус Пресс». 2007. 400 с.
- *Гуревич И.М.* Оценка основных информационных характеристик Вселенной. Информационные технологии. № 12. Приложение. 2008.
- *Гуревич И.М.* Информационные характеристики физических систем. «11-й ФОРМАТ». Москва. «Кипарис». Севастополь. 2009. 170 с.
- *Гуревич И.М.* Информационные характеристики физических систем. «Кипарис». Севастополь. 2010. 260 с.

Список источников 2

- *Гуревич И.М.* Сжатие информации «Разумом» в процессе познания Вселенной. Бюлл. Специальной астрофизической обсерватории, 60-61, 2007, 145-167.
- Lisi A. Garrett. Quantum mechanics from a universal action reservoir. arXiv:physics/0605068v1 [physics.pop-ph] 8 May 2006.
- *Шеннон К.* Математическая теория связи. Работы по теории информации и кибернетики. Издательство иностранной литературы, М. 1963 – с. 243 – 332.
- *Чисар И., Кернер Я.* Теория информации. Москва. Мир. 1985. 400с. с. 27.
- *Кульбах С.* Теория информации и статистика. Москва. Наука. 1967. 408 с. с. 33.
- *Стратонович Р.Л.* Теория информации. – М.: Советское радио, 1975.
- *Гуревич И.М.* Информационные характеристики сцепленных состояний. Журнал Информационные технологии. № 5. М. 2006.
- *Г. 'т Хоофт,* Калибровочные теории сил между элементарными частицами, "Успехи физических наук", 1981, т. 135, вып. 3, с.379. (перевод статьи из «Scientific. American», June 1980, Vol. 242, p.90.)
- *Коноплева Н. П., Попов В. Н.* Калибровочные поля. — М.: Атомиздат, 1972.
- *Славнов А. А., Фаддеев Л. Д.* Введение в квантовую теорию калибровочных полей. — М.: Наука, 1978. — 238 с.
- *Сарданашвили Г. А.* Современные методы теории поля. 1. Геометрия и классические поля. — М.: УРСС, 1996. — 224 с. — [ISBN 5-88417-087-4](https://www.isbn-international.org/view/title/5-88417-087-4)
- *Постнов К.А.* Лекции по Общей Астрофизике для Физиков. Раздел 12. Курс кафедры астрофизики и звездной астрономии "Общая астрофизика" (для студентов физического факультета).
<http://www.astronet.ru/db/msg/1170612/index.html>.
- *Ehrenfest P.* – Ann. Phys., 1920, Bd 61, S. 440.
- *Эренфест П.* Относительность. Кванты. Статистика. Москва. Наука. 1972. с. 477.
- *Горелик Г.Е.* Почему пространство трехмерно: Наука. Москва. 1982. 168 с. (с. 75-77).
- *Долгов А.Д., Зельдович Я.Б., Сажин М.В.* Космология ранней Вселенной. Издательство Московского университета. 1988. 199 с.

Список источников 3

- сцепленных состояний. Журнал Информационные технологии. № 5. М. 2006.
- Линде А.Д. «Физика элементарных частиц и инфляционная космология». Наука. Москва, 1990.
- Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Теория поля. Наука. Москва, 1967. 460с.
- Фок В.А. Теория пространства и времени и тяготения. Государственное издательство технико-теоретической литературы. Москва. 1955. 504с.
- Фролов В.П. Гравитация, ускорение, кванты. «Знание». Москва. 1988. 64 с.
- Валиев К.А., Кокин А.А. Квантовые компьютеры: Надежда и реальность. Научно-издательский центр «Регулярная и хаотическая динамика». - Москва-Ижевск: 2001.
- Валиев К.А. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. УФН. Том 175. № 1, 2005.
- Пенроуз Р. Новый ум короля. УРСС. Москва. 2003. (Oxford University Press. 1989).
- Чернавский Д.С. Синергетика и информация. "Наука" Москва. 2001.
- Margolus N., Levitin L.B. Phys. Comp. 96. T. Toffoli, M. Biafore, J. Leao, eds. (NECSI, Boston) 1996; Physica D 120, 188-195 (1998).
- Бухбиндер И. Л. Фундаментальные взаимодействия. Соросовский образовательный журнал. N 5. 1997г.
- Нильсен М., Чанг И. Квантовые вычисления и квантовая информация. «Мир», Москва, 2006. 822 с.
- Урсул А.Д. Природа информации. Философский очерк. 1-е издание. Москва. Политиздат. 1968. 288 с.
- Урсул А.Д. Природа информации: Философский очерк. 2-е издание. Челябинск. Челябинская государственная академия культуры и искусств. 2010. 231 с.

Перечень основных результатов, полученных автором на основе информационного подхода 1

- **Основные результаты: утверждение о существовании законов природы более общих, чем физические, – законов информатики. Законов, определяющих, ограничивающих физические явления и процессы и предшествующих физическим законам и формулировка законов информатики (1989).**
- **Даны оценки максимально и минимально возможного, текущего объемов информации во Вселенной (1989).**
- **Исходные положения: закон сохранения энергии, закон сохранения неопределенности (информации), основной принцип квантовой механики Цайлингера: элементарные физические системы содержат (несут) 1 бит информации.**
- **Разработана методика оценки объема неопределенности (информации) в физических объектах, даны прямые оценки объема информации в физических системах (2009).**
- **Получены фундаментальные ограничения на емкость систем хранения информации (2010).**
- **определен вид гравитационного потенциала (2008, 2009), и напряженности гравитационного поля (2008, 2009).**

Перечень основных результатов, полученных автором на основе информационного подхода 2

- **Показана необратимость времени (1989).**
- **Показано, что законы информатики определяют действие физических законов сохранения (энергии, импульса, момента импульса, первый закон термодинамики).**
- **Открыто существование нескольких типов материи с разной зависимостью объема информации от массы (в том числе, линейная для обычного вещества, квадратичная для черных дыр, линейно-логарифмическая для нейтронных дыр и белых карликов) (2007-2009).**
- **Показано существование пятого типа взаимодействия – информационного взаимодействия (2007-2009)**
- **разработаны информационные модели космологических объектов (черных дыр, нейтронных звезд, белых карликов, звезд солнечного типа) (2007-2009).**
- **Выведены формулы для информационного спектра излучения черных дыр (формула Хокинга), нейтронных звезд и белых карликов (2009).**
- **Получены информационные ограничения на образование и слияние черных дыр (2009)]**

Перечень основных результатов, полученных автором на основе информационного подхода 3

- Открыто существование и исследованы характеристики оптимальных черных дыр (минимизирующих объем информации в области Вселенной, Вселенной в целом) (2007).
- **Дана оценка массы начальных неоднородностей Вселенной (2009)**
- **Показано, что расширение Вселенной является причиной и источником формирования информации, причем разнообразные физические процессы в расширяющейся Вселенной обеспечивают формирование информации (1989 - 2009).**
- Даны оценки основных информационных характеристик Вселенной (1989 - 2009).
- Из информационных предпосылок определена необходимость описания физических систем (квантовой механики) (2009) неклассической вероятностной логикой.
- **Показано, что во всех возможных Вселенных действуют законы информатики и тем самым физические законы сохранения, первый закон термодинамики.**

Перечень основных результатов, полученных на основе информационного подхода

- **Появились работы российских ученых**
- **Исследованы свойства и генезис нефти (2010) (Р.Б. СЕЙФУЛЬМУЛЮКОВ)**
- **Появились работы зарубежных ученых**
- Исходные положения: Первый закон термодинамики, Второй закон термодинамики, Голографический принцип, формула Хокинга, эффект Унру.
- **определена необходимость вероятностного описания физических систем (квантовой механики) (2006) *Garrett Lisi* ,**
- из информационных предпосылок определены:
- *закон всемирного тяготения, второй закон Ньютона (2009-2010) Erik Verlinde , Lee Smolin , Jarmo Makela.*
- уравнения Фридмана (2010) *Rong-Gen Cai, Li-Ming Cao, and Nobuyoshi Ohta,*
- *показана необратимость времени (2009) Lorenzo Maccone .*

Объем информации в некоторых фундаментальных, элементарных частицах и атомах

- Фундаментальные частицы являются самыми простыми физическими системами (элементарными системами по Цайлингеру). Они содержат 1 бит информации.
- Элементарные частицы представляют физические системы второго уровня сложности.
- В протоне, нейтроне содержится 9,422 бита (с учетом структуры протона, нейтрона, информации в кварках, цветов кварков, различной возможной ориентации спина протона, нейтрона).
- Атомы представляют физические системы третьего уровня сложности.
- В атоме водорода (1-ый элемент) – 11,422 бита (с учетом структуры атома, информации в протонах, нейтронах).
- В атоме кислорода (8-ой элемент) – 149,33 бита.
- В атоме железа (26-ой элемент) – 544,21 бита.
- В атоме урана (92-ой элемент) – 2334,436 бита.
- В среднем в атомах на 1 бит информации используется 10^{-28} кг массы обычного вещества.

Объем информации в звездах

- Солнце содержит примерно $1,3 \cdot 10^{58}$ бит.
- Белый карлик солнечной массы содержит примерно $1,24 \cdot 10^{59}$ бит.

Нейтронная звезда солнечной массы содержит примерно $2,38 \cdot 10^{58}$ бит.

В черных дырах солнечной массы содержится примерно $7,72 \cdot 10^{76}$ бит.

В черных дырах массой в миллион солнечных содержится примерно $7,72 \cdot 10^{94}$ бит.

В черных дырах в центрах галактик содержится примерно 10^{90} – 10^{107} бит.

Информационные ограничения на образование черных дыр из звезд

Из солнца образуется черная дыра массой не более $8 \cdot 10^{20}$ кг..

Из белого карлика солнечной массы образуется черная дыра массой не более $2,5 \cdot 10^{21}$ кг.

Из нейтронной звезды солнечной массы образуется черная дыра массой не более $4,7 \cdot 10^{21}$ кг.

Примечание. Черная дыра при формировании использует лишь часть массы. Остальная масса рассеивается в окружающем пространстве и из нее могут формироваться другие объекты.

Определение оптимальной черной дыры

Назовем черную дыру, при которой минимален объем информации в области Вселенной, состоящей из обычного вещества и одной черной дыры, *оптимальной*. Масса оптимальной черной дыры не зависит от массы области Вселенной и массы обычного вещества. Масса оптимальной черной дыры пропорциональна коэффициенту связывающего объем информации с массой в обычном веществе и обратно пропорциональна коэффициенту связывающего объем информации с массой в черной дыре.

Поскольку масса черной дыры, при которой минимален объем информации в области Вселенной, состоящей из черной дыры и обыкновенного вещества, не зависит ни от полной массы Вселенной, ни от массы обычного вещества, то минимальный объем информации в области Вселенной достигается, если область состоит из одних оптимальных черных дыр.

Объем информации в оптимальной черной дыре

Объем информации в оптимальной черной дыре пропорционален квадрату коэффициента связывающего объем информации с массой в обычном веществе и обратно пропорциональна коэффициенту связывающего объем информации с массой в черной дыре

$$I_{\text{ЧД}}^{\text{Opt}} = \frac{\beta^2}{4\alpha}$$

Поскольку масса черной дыры, при которой минимален объем информации во Вселенной, состоящей из черной дыры и обычного вещества, не зависит ни от полной массы Вселенной, ни от массы обычного вещества, то минимальный объем информации во Вселенной достигается, если Вселенная состоит из одних оптимальных черных дыр.

Информационная модель черной дыры

Объем информации связи в черной дыре, описываемой волновой функцией

$$\psi = \frac{1}{\sqrt{2}} (|0_1\rangle|0_2\rangle\dots|0_n\rangle + |1_1\rangle|1_2\rangle\dots|1_n\rangle)$$

равен

$$I_n = \frac{n \cdot (n + 1)}{2}.$$

Сопоставим оценки квадратов массы черной дыры:

$$M_{\text{чд}}^2 = \frac{\hbar \cdot c \cdot \ln 2}{2\pi G} \cdot I_{\text{чд}} \quad \text{и} \quad M_{\text{чд}}^2 = \iota^2 \cdot m_0^2$$

В результате получаем оценку массы частиц, входящих в состав черных дыр

$$m_0 = \frac{\sqrt{\ln 2}}{2\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{\hbar \cdot c}{G}} = \frac{\sqrt{\ln 2}}{2\sqrt{\pi}} m_{\text{Пл}} \approx 0,23 m_{\text{Пл}} \approx 5,09 \cdot 10^{-10} \text{ г}.$$

Черная дыра представляет собой совокупность частиц (назовем их черными частицами), каждая из которых имеет массу равную 0,23 планковской массы и информационно взаимодействует со всеми остальными черными частицами, входящими в состав черной дыры

ЖИЗНЬ – ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ КЛАССИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

- Жизнь – это эффективный способ формирования классической информации. Распространенность жизни можно охарактеризовать оценками объема классической информации во Вселенной формируемой аминокислотами и азотистыми основаниями.
- *Оценка сверху.* Максимально возможный объем классической информации в галактике, аналогичной нашей, составляет $1E+66$ бит. Максимально возможный объем классической информации в звездной системе, аналогичной солнечной, составляет $1E+55$ бит. Максимально возможный объем классической информации на планете земного типа составляет $1E+50$ бит.
- *Оценка снизу.* Масса Земли $6E+24$ кг, биомасса Земли составляет $6E+15$ кг. Биомасса Земли содержит $1E+40$ бит информации. Если Земля является единственным местом существования жизни, то минимально возможный объем классической информации во Вселенной равен объему классической информации в биомассе Земли и составляет $1E+40$ бит. Если Земля является типичной планетой для всех звездных систем и всех галактик, то объем классической информации во Вселенной составляет $1E+62$ бит, объем классической информации в галактике составляет $1E+51$ бит, объем классической информации в звездной системе составляет $1E+40$ бит.

Об определении информационных характеристик развитых цивилизаций

За год цивилизация производит $\approx 10^{30}$ бит классической информации (оценка сверху). Объем хранимой информации $\approx 10^{20}$ бит классической информации в год. Объем хранимой информации ежегодно удваивается.

- Соотношение объемов информации формируемой расширением Вселенной и Земной цивилизацией $\approx 10^{-49}$ показывает, что в настоящее время вклад цивилизации в формирование информации во Вселенной ничтожен. Так как во Вселенной $\approx 10^{22}$ звезд, то на одну звездную систему приходится 10^{44} бит/год и доля информации, формируемой цивилизацией, равна $\approx 10^{-14}$. При стабилизации процесса развития объем формируемой информации будет меньше указанной оценки.
- Избыточность массы современных устройств хранения данных по отношению к биомассе на примере устройства IBM LTO Ultrium 48000 GB Data Cartridge составляет $\approx 10^{-11}$.

Процесс познания Вселенной

- Вселенная, объем информации в которой конечен, эффективно и полностью познаваема.
- • Субъект познания является классическим объектом (например, земной цивилизацией).
- • В процессе познания Вселенной осуществляется сжатие информации не менее, чем в 10^{20} раз и не более, чем в 10^{76} раз.
- • Закон тяготения, в частности, сжимает информацию не менее, чем в 10^{183} раз.
- • Возможна интерпретация процесса познания методами квантовой механики (описания и измерения) на базе информационных соотношений. Познание осуществляется через гипотетический информационный канал – «канал познания природы». Ограниченная пропускная способность «канала познания природы» определяет невозможность «точного» (в классическом смысле) описания и измерения квантовых объектов. Увеличивая точность (неопределенность) описания/измерения одной из величин, наблюдатель вынужден уменьшать точность (неопределенность) описания/измерения другой.

•

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НА ЕМКОСТЬ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

Оценки объема информации в атомах, аминокислотах, азотистых основаниях, дифференциальная информационная емкость материи определяют фундаментальные ограничения на информационную емкость устройств хранения данных.

Дифференциальная информационная емкость устройств хранения данных, построенных на базе комбинаций атомов, не превосходит 10^{-25} бит/кг, а информационная емкость устройств хранения данных массой 1 кг не превосходит 10^{25} бит и она может быть повышена по отношению к текущему уровню не более, чем в 10^{11} раз.

Дифференциальная информационная емкость V искусственных устройств хранения данных, построенных на базе атомов не превосходит 10^{-28} бит/кг, а информационная емкость устройств хранения данных массой 1 кг не превосходит 10^{28} бит, и она может быть повышена не более, чем в 10^{14} раз.

Последнее ограничение является наиболее сильным фундаментальным ограничением, накладываемым природой на информационную емкость естественных и искусственных систем.

Благодарности

Автор благодарит директора ИПИ РАН академика Соколова И.А., сотрудников ИПИ РАН профессора С.Я. Шоргина, профессора К.К. Колина, д.ф.м.н. В.И. Сеницына, д.т.н. В.М. Ченцова, научного руководителя ФТИАН академика К.А. Валиева, руководителя АКЦ ФИАН академика Н.С. Кардашева, сотрудника АКЦ ФИАН члена-корреспондента РАН И.Д.Новикова, сотрудников ГАИШ профессора В.М. Липунова, к.ф.-м.н. Л.М. Гиндилиса, к.ф.-м.н. М.К. Абубекерова, сотрудника НИИЯФ МГУ к.ф.-м.н. А.Д. Панова, сотрудника ИПУ РАН профессора В.А. Жожикашвили, сотрудника СевНТУ к.ф.м.н. Леонтовича А.Л., компанию «Гетнет Консалтинг» и ее руководителя М.В. Панина за интерес к данному направлению работ и оказанную помощь.