

A vibrant, multi-colored nebula with a dense field of stars in the background. The nebula features a mix of green, blue, and purple hues, with a prominent blue and purple region on the right side. The stars are scattered throughout, with some appearing as bright, multi-colored points of light.

Основные понятия

Вселенная и ноосфера

Вселенная – фундаментальное понятие астрономии, строго не определяемое и включающее в себя весь окружающий мир. На практике под Вселенной часто понимают часть материального мира, доступную изучению естественнонаучными методами. В современной материалистической космологии можно выделить два принципиальных направления, постулирующих представление о Вселенной:

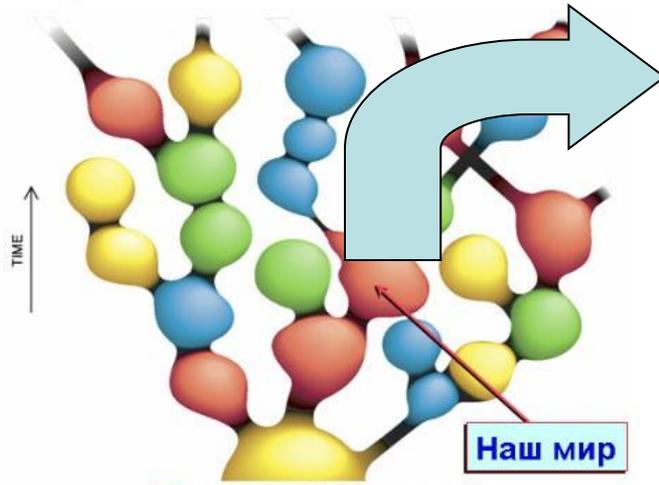
1. Вселенная вечна и не имеет начала и конца.
2. Вселенная не вечна и имеет во времени конкретное начало и будет иметь конец.

Третье направление является своеобразным симбиозом первых двух. Это гипотеза «вечно-невечной» Вселенной: внутри большой Вселенной-вакуума, не имеющей начала и конца во времени, непрерывно спонтанно возникают меньшие Вселенные с началом и концом, наподобие нашей.

Исходя из этой общей модели происхождения маленькой Вселенной, специалисты рассматривают как наиболее приемлемую теорию возникновения нашей Вселенной - теорию Большого взрыва.

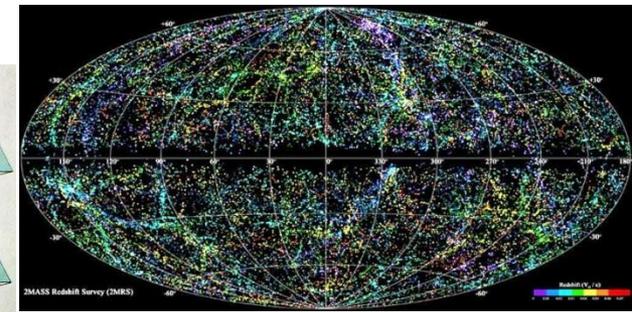
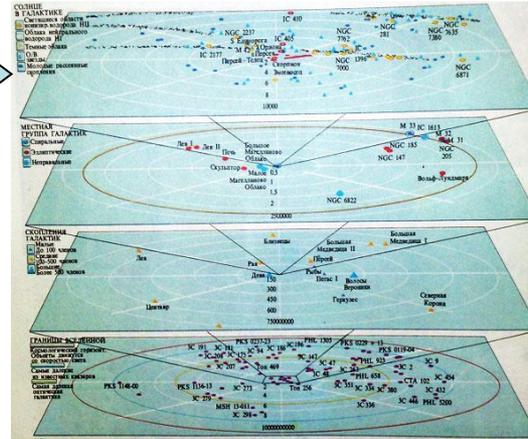
Ноосфера Вернадского – это такое состояние биосферы, когда ее развитие происходит целенаправленно, когда Разум имеет возможность направить развитие биосферы в интересах Человека, его будущего. Законы, выведенные В.И. Вернадским о ноосфере и о человеке как о геологической силе, преобразующей планету, и космические законы, содержащиеся в Учении Живая Этика, несоблюдение которых человеком грозит планете катастрофой, утверждают, что роль человека в мироздании несомненно огромна. Расширяя и углубляя биосферу, раздвигая границы познанного мира, человек и сам бесконечно развивается и совершенствуется.

Фрактальная Вселенная

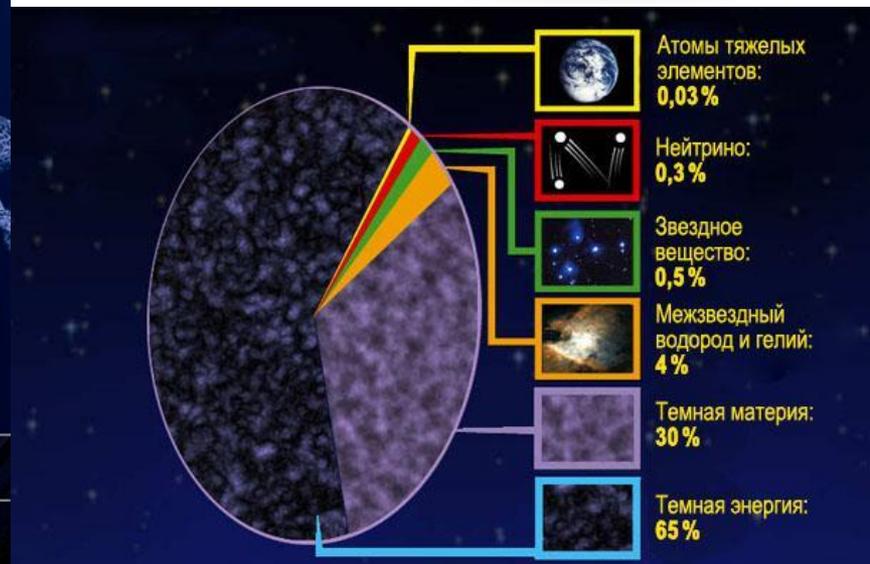
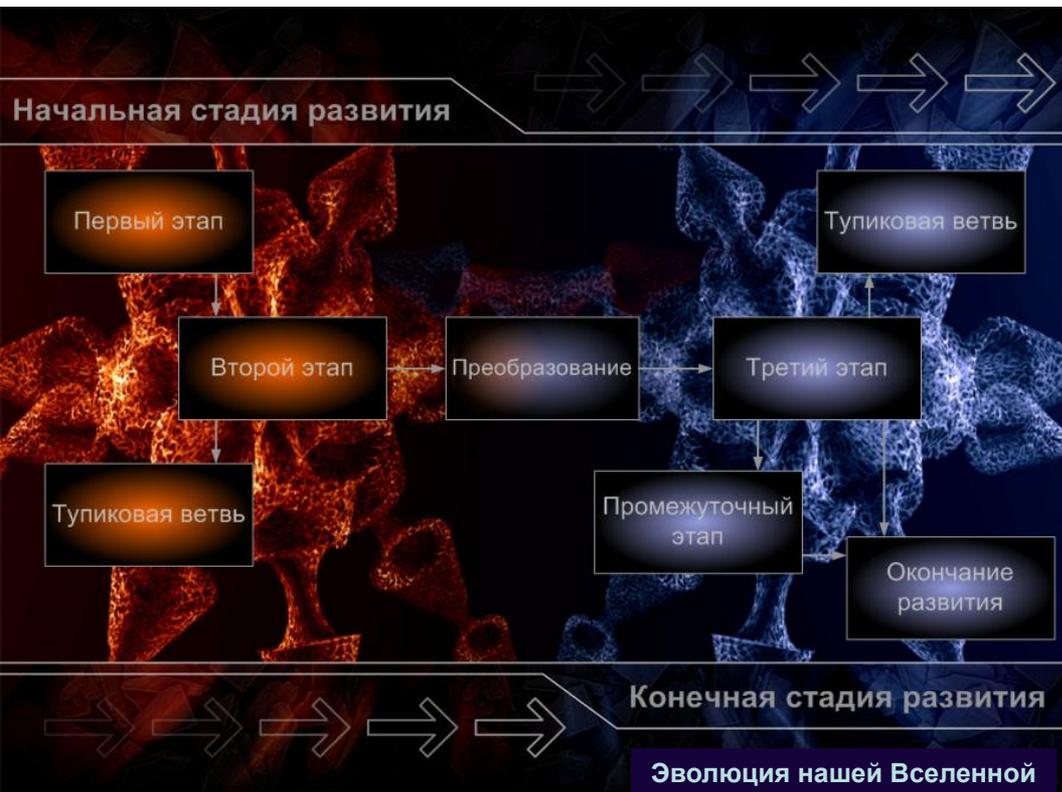
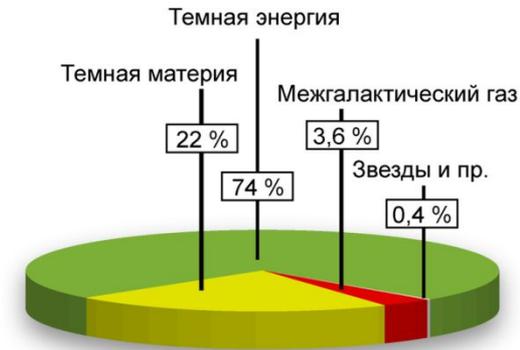


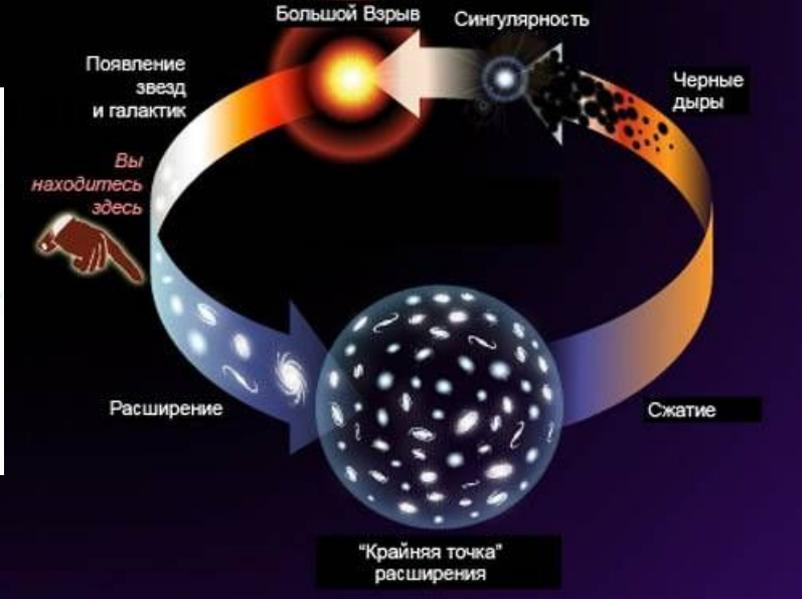
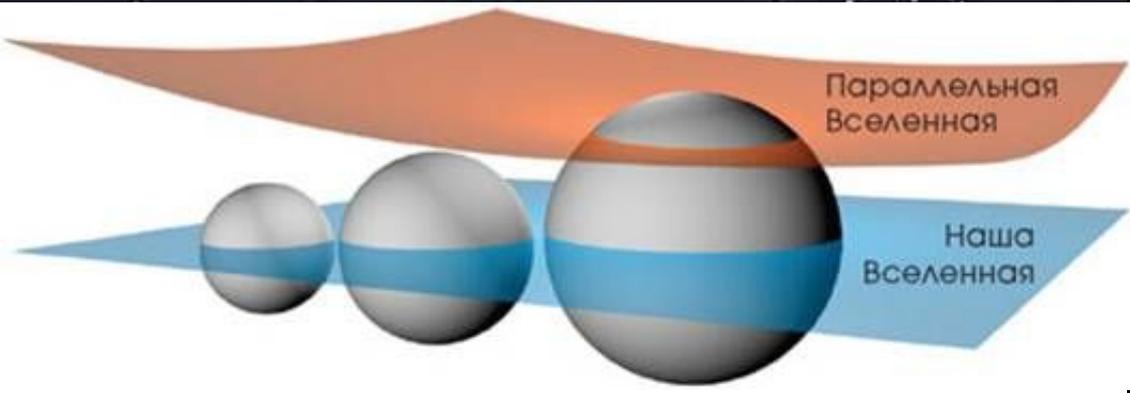
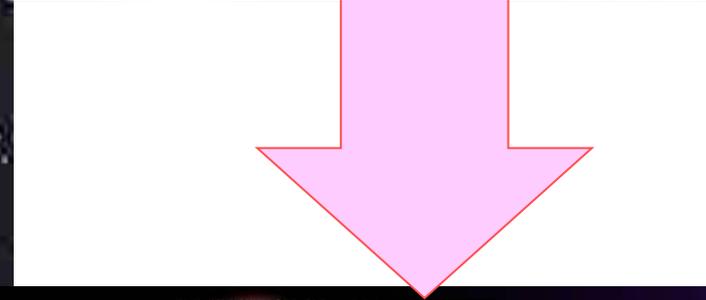
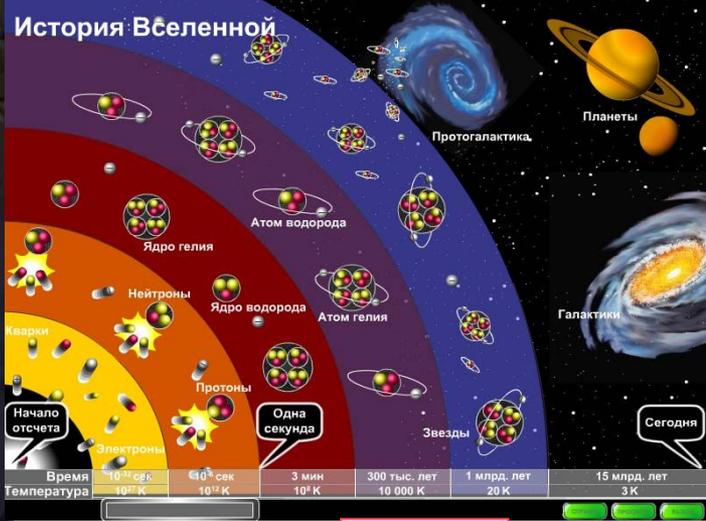
Наш мир

Большой Взрыв?



Границы нашей Вселенной





Уровни существования живой природы

Наряду с неживой природой, существует природа живая. Можно выделить следующие уровни существования живой природы:

- системы доклеточного уровня – нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК) и белки;
- клетки, одноклеточные организмы;
- многоклеточные организмы (растения, животные).
- к надорганизменному уровню относятся популяции – сообщества особей одного вида, которые связаны общим генофондом, скрещиваются и воспроизводят себя в потомстве. Например, стая перелетных птиц, стая волков, рыбы в аквариуме или озере, разрастающийся кустарник – все это популяции.

Кроме популяций к надорганизменным уровням организации живой материи относятся биоценозы, которые образуются в результате взаимодействия популяций между собой и окружающей средой. Так, лес – это биоценоз, где сосуществуют популяции животных, различные виды растений. Изучение биоценозов имеет большое практическое значение для деятельности человека, позволяет сохранить природу, рационально использовать ее богатства, ресурсы.

Взаимодействие биоценозов образуют глобальную систему жизни – биосферу.

Общее учение о биосфере создано в 20-30 гг. XX века В.И. Вернадским, развившим учение В.В. Докучаева о комплексном взаимодействии в природе всех объектов.

Особой формой жизнедеятельности является человеческое общество, общественная жизнь.

Ноксология. Принципы, задачи, методы

Ноксология – наука об опасностях материального мира Вселенной (учение об опасностях и минимизации негативных воздействий на человечество и природу)

Ноксосфера – сфера опасностей, являющаяся предметом изучения науки Ноксология.

Основными принципами ноксологии являются:

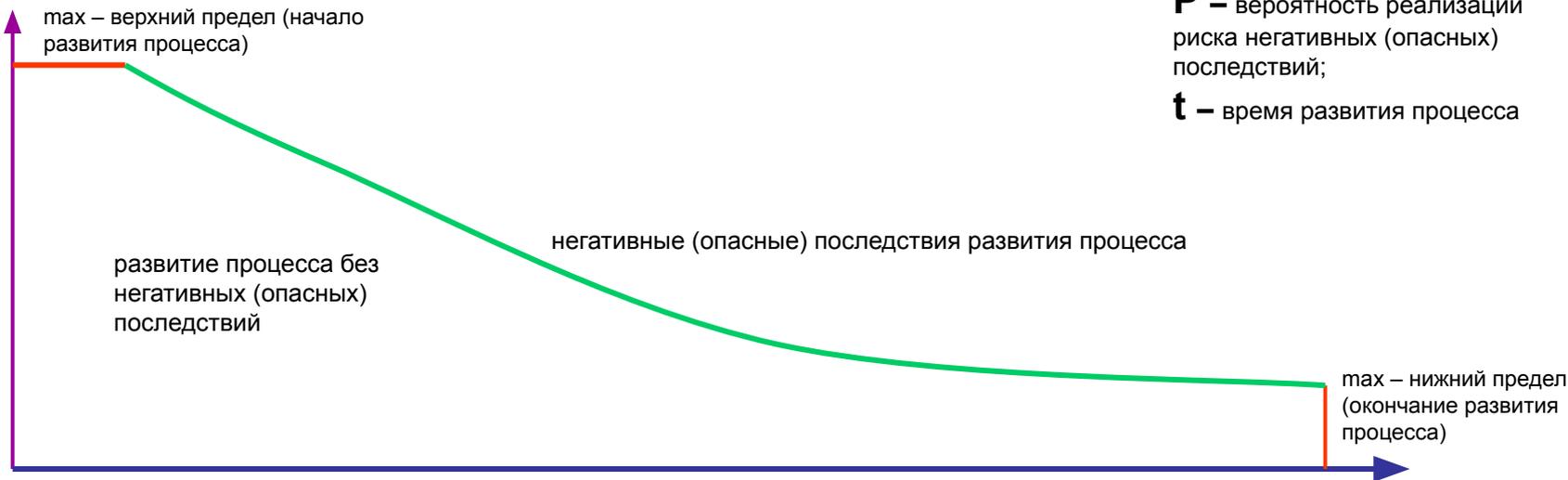
- принцип существования внешних негативных воздействий на человека и природу (постоянный и угрожаемый характер воздействия);
- принцип антропоцентризма (приоритетность сохранения жизни и здоровья при воздействии внешних систем);
- принцип природоцентризма (важность сохранения комфортных и приемлемых для жизни условий обитания в окружающей среде);
- принцип возможности создания качественной техносферы (достижение и соблюдение нормативов предельно допустимых уровней внешних воздействий на человека и природу);
- принцип выбора путей реализации безопасного техносферного пространства (снижение степени опасностей и достижение допустимого, приемлемого уровня риска их реализации за счет защитных мер);
- принцип отрицания абсолютной безопасности;
- принцип эволюционного развития системы (по принципу Ле-Шателье «Эволюция любой системы идет в направлении снижения потенциальной опасности»).

Задачи ноксологии:

- дать представления об опасностях современного мира и их негативном влиянии на человека и природу;
- описать источники и зоны влияния опасностей;
- сформировать представления об особенностях взаимодействия в системах «человек–среда обитания», «природа–техносфера»;
- сформировать критерии и методы оценки опасностей;
- дать основы анализа источников опасности и представления о путях и способах защиты человека и природы от опасностей.

Ноксология предусматривает следующие **методы обеспечения безопасности:**

- разделение гомосферы и ноксосферы: применение защиты расстоянием и временем, вывод человека из зоны действия опасного фактора или сокращение времени пребывания человека в зоне при наличии вредных факторов воздействия, использование экобиозащитной техники и организационных мероприятий;
- нормализация ноксосферы: защита зон жизнедеятельности от естественных негативных воздействий; снижение негативного влияния источников опасностей и вредных факторов до нормативных требований и допустимых уровней воздействия; осуществление оценки воздействия на окружающую среду при проектировании объектов техносферы;
- приведение характеристик человека в соответствие с характеристиками ноксосферы: обучение, инструктаж, снабжение человека эффективными средствами защиты, приспособление человека, профессиональный отбор работающих, тренировка, подготовка населения к действиям в опасных и чрезвычайно опасных ситуациях;
- комбинирование указанных методов.

P

Деятельность в направлении соблюдения вышеизложенных принципов, задач и методов связана с выполнением задач:

- идентификация опасностей и зон их действия, возникающих при применении техники и технологий;
- разработка и применение эколого- и биозащитных средств и методов их применения;
- контроль качества эксплуатации техногенных систем;
- мониторинг опасностей в зоне пребывания людей и в природных зонах, испытывающих негативное воздействие техносферы;
- достижение уровня допустимого риска и последствий воздействия (объема выбросов, сбросов, образования отходов).

Основные понятия в ноксологии

Основными понятиями в ноксологии являются:

-понятие о *совокупности систем «человек-техносфера» и «природа-техносфера»* (как двух полярных сред обитания: биосфера (природная) и техносфера (производственная, селитебная, бытовая);

-понятие *«опасность»* (свойство человека и компонентов окружающей среды причинять ущерб живой и неживой материи при достижении внешними потоками вещества, энергии и информационных потоков техносферы значений, превышающих предельно допустимые величины ее восприятия любыми объектами защиты системы);

-понятие *«источник опасности»* (компоненты биосферы и техносферы, социальные системы, космическое пространство, воздействующие величиной материального отхода (загрязнения в виде выброса, сброса и отброса) и характеризующиеся уровнем, зоной, продолжительностью действия, интенсивностью воздействия и риском);

-понятие *«безопасность объекта защиты»* (состояние объекта защиты, при внешнем воздействии на который не происходит его разрушение (предельно допустимые для него значения);

-понятие *«защита от опасностей»* (способы и методы снижения уровня и продолжительности действия опасностей на человека и природу).

Основные понятия второго начала термодинамики

1. Невозможен переход теплоты от тела более холодного к телу более нагретому без каких-либо других изменений в системе или окружающей среде (Р. Клаузиус).
2. Невозможно создать периодически действующую (совершающую какой-либо термодинамический цикл) машину, вся деятельность которой сводилась бы к поднятию некоторого груза (механической работе) и соответствующему охлаждению теплового резервуара (У. Томсон, М. Планк).
3. Невозможно построить вечный двигатель второго рода (В. Оствальд).
4. В замкнутой, т.е. изолированной в тепловом или механическом отношении системе, энтропия либо остается неизменной (если в системе протекают обратные, равновесные процессы), либо возрастает (при неравновесных процессах) и в состоянии равновесия достигает максимума.

Второе начало термодинамики — не общевселенский фундаментальный принцип, а физический закон, применимый *исключительно* в случаях, когда в пределах локализации рассматриваемой системы (объекта) силовым воздействием общеприродных, известных и неизвестных нам полей можно пренебречь.

Биосфера и техносфера

В процессе эволюции человека биосфера постепенно утрачивала свое господствующее значение и в населенных людьми регионах стала превращаться в **техносферу**. В техносферных условиях биологические взаимодействия стали замещаться процессами физического и химического взаимодействия.

Принципиальное различие биосферы и техносферы состоит в том, что естественная среда самодостаточна и может существовать и развиваться без участия человека. Техносфера, созданная человеком, самостоятельно развиваться не может и без участия человека обречена на старение и разрушение.

Человек и среда обитания непрерывно находятся во взаимодействии, образуя постоянно действующую систему «человек – среда обитания».

Среда обитания – окружающая человека среда, обусловленная совокупностью факторов (физических, химических, биологических информационных, социальных), способных оказывать прямое или косвенное, немедленное или отдаленное воздействие на жизнедеятельность человека, его здоровье и потомство.

В процессе жизнедеятельности человек создал новые виды техносферной среды: бытовую, городскую, производственную.

В результате возникновения техносферы возникли новые условия взаимодействия живой и неживой материи:

- взаимодействие человека с техносферой,
- взаимодействие техносферы с биосферой (природой).

Негативные воздействия техносферы обусловлены как элементами техносферы (машины, сооружения и т.п.), так и действиями самого человека (антропогенные воздействия). Уровни возникающих при этом опасностей определяются энергетическими показателями технических устройств и временем воздействия негативных факторов.

Понятие опасности в ноксологии

Основные этапы научной деятельности в области ноксологии:

- идентификация опасностей, создаваемых техногенными объектами и природной средой, и определение зон их действия;
- установление допустимых значений величины потоков, исходящих от источников опасностей, разработка и применение эффективных средств и методов защиты от опасностей;
- контроль (мониторинг) опасностей и управление безопасностью техносферы;
- разработка и реализация мер по ликвидации последствий воздействия опасностей;
- обучение населения основам безопасного образа жизни и подготовка специалистов по безопасности жизнедеятельности.

Опасность – негативное свойство живой и неживой материи, способное причинять ущерб самой материи: людям, природной среде, материальным ценностям.

Таксономия опасностей – классификация опасностей по различным признакам.

Потенциальная опасность – опасность общего характера, не связанная с координатами пространства и временем воздействия.

Идентификация опасностей – процесс распознавания и параметрического описания опасностей в поле их действия.

Квантификация опасностей – количественная оценка опасностей.

Понятие «безопасность объекта защиты» — состояние объекта защиты, при котором внешнее воздействие на него потоков вещества, энергии и информации из окружающей среды не превышает максимально допустимых для объекта значений.

Термодинамическое определение энтропии

Понятие энтропии было впервые введено в 1865 году Рудольфом Клаузиусом. Он определил *изменение энтропии* термодинамической системы при обратимом процессе как отношение общего количества тепла к величине абсолютной

$$\frac{\Delta Q}{T} \quad \Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$$

Рудольф Клаузиус дал
величине

S

имя «энтропия», происходящее от греческого слова *τροπή*, «изменение» (изменение, превращение, преобразование). Данное равенство относится к изменению энтропии, не определяя полностью саму энтропию.

Эта формула применима только для изотермического процесса (происходящего при постоянной температуре). Её обобщение на случай произвольного квазистатического процесса выглядит так:

$$dS = \frac{\delta Q}{T}$$

где dS — приращение (дифференциал) энтропии некоторой системы;

δQ — бесконечно малое количество теплоты, полученное этой системой.

Поскольку энтропия является функцией состояния, в левой части равенства стоит её полный дифференциал. Поскольку энтропия является функцией состояния, в левой части равенства стоит её полный дифференциал. Напротив, количество теплоты является функцией процесса, в котором эта теплота была передана, поэтому нельзя считать полным дифференциалом.

Энтропия

Энтропия - (от греч. entropia – поворот, превращение):

- часть внутренней энергии замкнутой системы или энергетической совокупности Вселенной, которая не может быть использована, в частности не может перейти или быть преобразована в механическую работу;
- физическая величина, характеризующая состояние системы материальных тел и определяющая направление самостоятельных изменений в отдельной термодинамической системе;
- показатель случайности или неупорядоченности строения физической системы.

Внутренняя энергия системы равна сумме кинетических энергий молекул:

$$U = \frac{m i}{\mu 2} RT$$

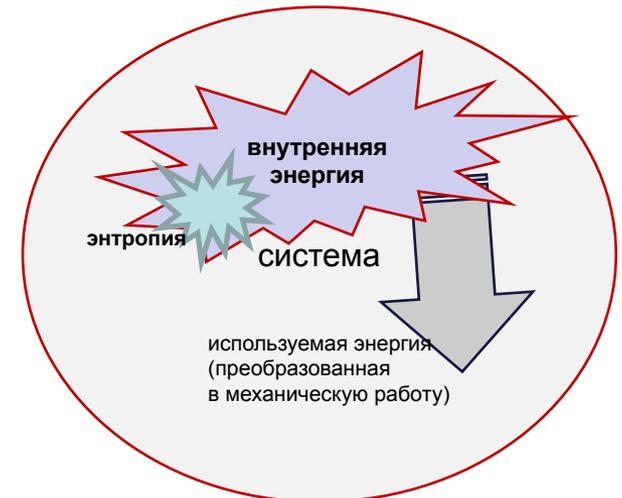
Изменение внутренней энергии:

$$\Delta U = \frac{m i}{\mu 2} R \Delta T$$

Функция состояния, дифференциал которой $dS = \delta Q/T$ (в обратимом процессе), называется **энтропией**.

Энтропия может быть двигательной силой эволюции (преобразования системы) или силой разрушения (исходной энергией процесса хаоса).

Накопление энтропии происходит до определенной точки, после чего происходит «разрядка» накопленной энергии.



1. Выделение внутренней неиспользованной энергии объектов системы.

2. Накопление неиспользованной внутренней энергии и ее воздействие на объекты системы.

5. Разрядка накопившейся неиспользованной энергии с последующим разрушением системы центростремительного характера

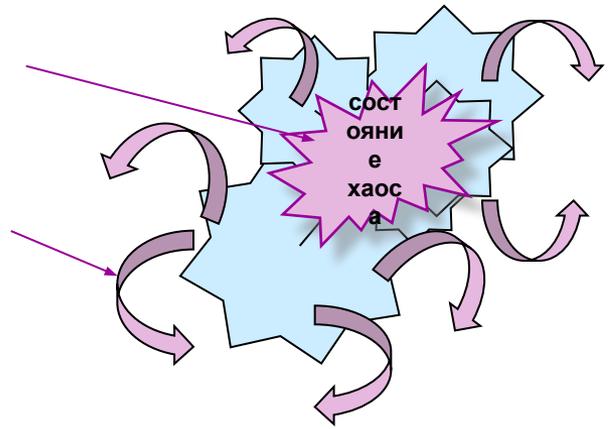
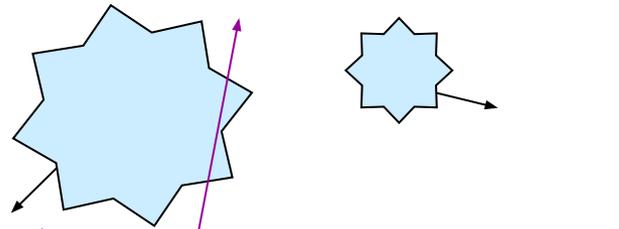
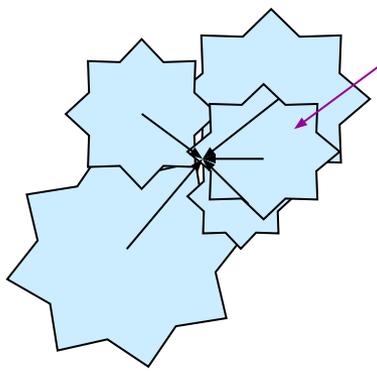
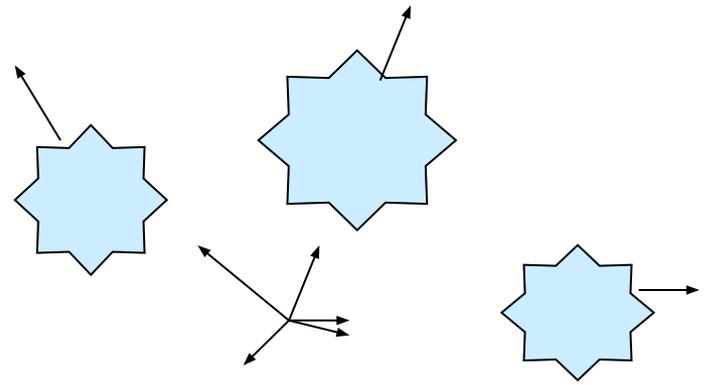
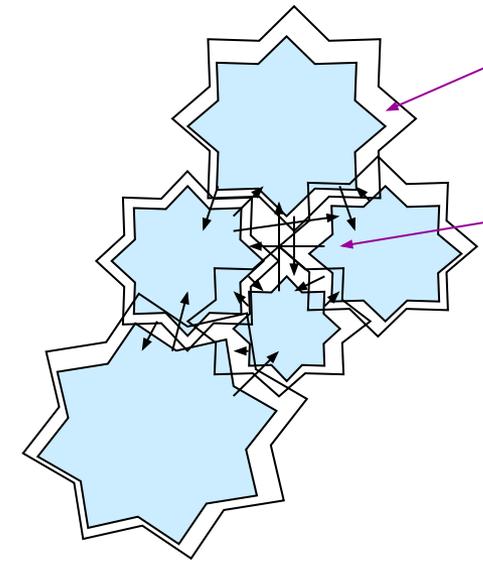
6. Прохождение системой точки бифуркации с возникновением хаоса

7. Разрушение системы с выделением «отрицательной» энергии в окружающую (внешнюю) среду взрывного характера

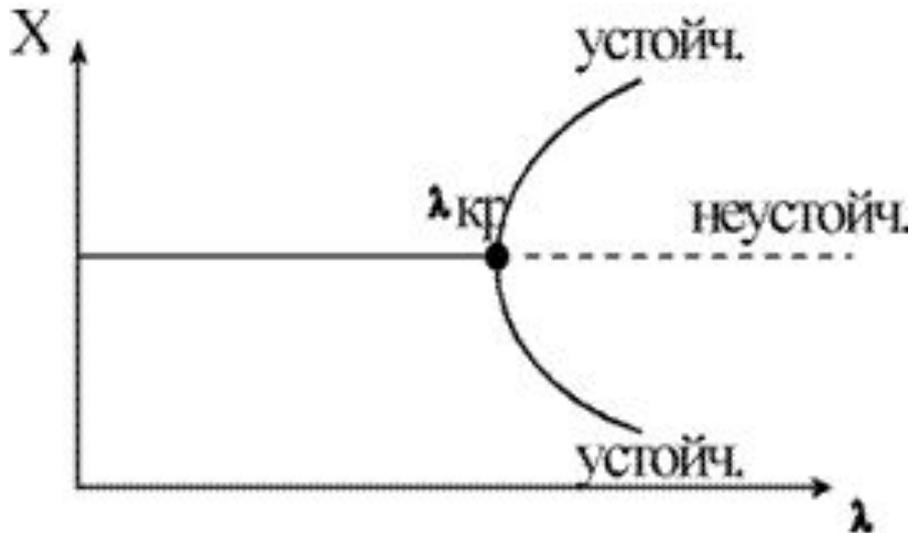
3. Разрядка накопившейся неиспользованной (внутренней) энергии.

4. Разрушение системы центробежного характера

состояние хаоса



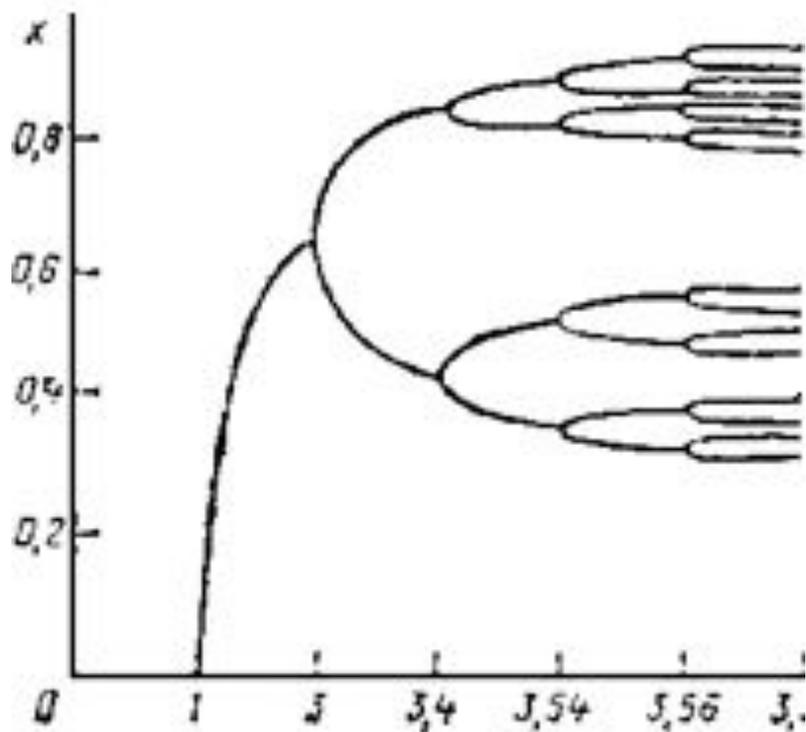
Бифуркация



Бифуркация (от лат. bifurcus – раздвоенный) - катастрофический скачок, конфликтный срыв, узел взаимодействия между случайностью и внешним ограничением (пределом), между колебаниями и необратимостью. В широком смысле употребляется для обозначения всевозможных качественных перестроек или метаморфоз различных объектов при изменении параметров, от которых они зависят.

Если эволюционирующая система зависит от параметра, то при его изменении поведение системы может изменяться плавно. Однако при переходе параметра через некоторое критическое значение динамика системы может претерпеть качественную перестройку. Значения параметров, при которых происходит перестройка установившихся режимов движения в системе, называются бифуркационными значениями параметра (или точкой бифуркации), а сама перестройка - бифуркацией.

Точки бифуркации - особые моменты в развитии живых и неживых систем, когда устойчивое развитие, способность гасить случайные отклонения от основного направления сменяются неустойчивостью.



Бифуркационная диаграмма

Необычайно простой путь к хаосу, получивший название последовательность Фейгенбаума, имеет самоподобную, фрактальную структуру - увеличение какой-либо области выявляет подобие выделенного участка всей структуре. Переход к хаосу может быть представлен в виде диаграммы бифуркаций.

Динамическая иерархичность (эмерджентность) - обобщение принципа подчинения на процессы становления – рождение параметров порядка, когда приходится рассматривать взаимодействие более чем двух уровней. Процесс становления включает в себя:

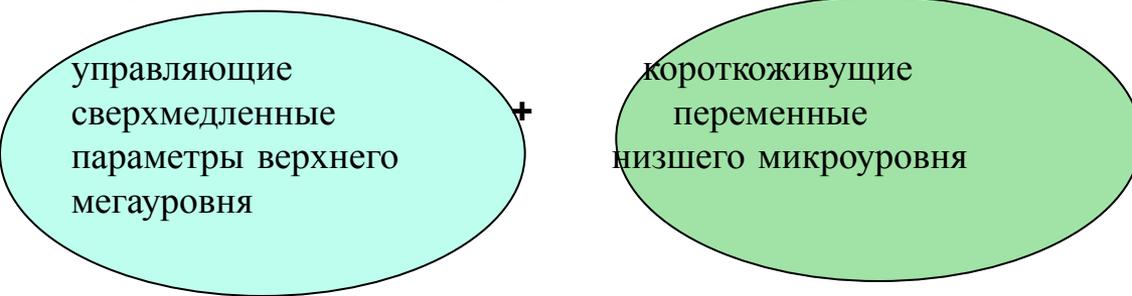
- последовательный процесс исчезновения и рождения одного из уровней в процессе взаимодействия минимум трех иерархических уровней системы;
 - в ходе процесса среди конкурирующих макрофлуктуаций самыми быстрыми неустойчивыми переменными являются переменные параметра порядка.
- Это основной принцип прохождения системой точек бифуркаций, ее становления, рождения и гибели иерархических уровней.

В точке бифуркации:

- коллективные переменные, параметры порядка макроуровня возвращают свои степени свободы в хаосе микроуровня;
- происходит их растворение в хаосе;
- увеличивается степень хаоса;
- в процессе взаимодействия мега и микроуровней рождаются новые параметры порядка обновленного микроуровня.

Принцип динамической иерархичности включает в себя:

- возникновение нового качества системы по горизонтали, т.е. на одном уровне, когда медленное изменение управляющих параметров мегауровня приводит к бифуркации, неустойчивости системы на макроуровне и перестройке его структуры;
- процесс самоорганизации, рождения параметров порядка, структур из хаоса микроуровня:

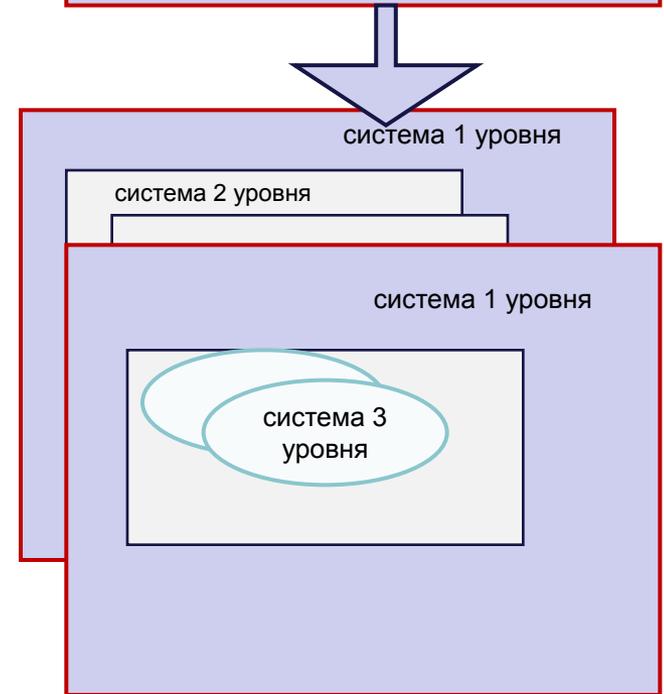
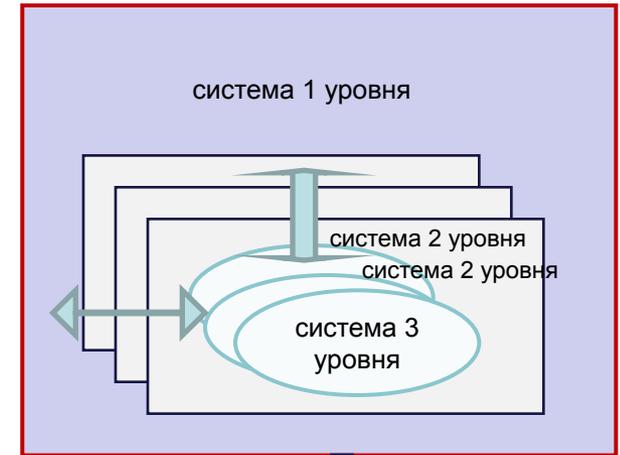


= параметры порядка, структурирующие долгоживущие коллективные переменные нового макроуровня

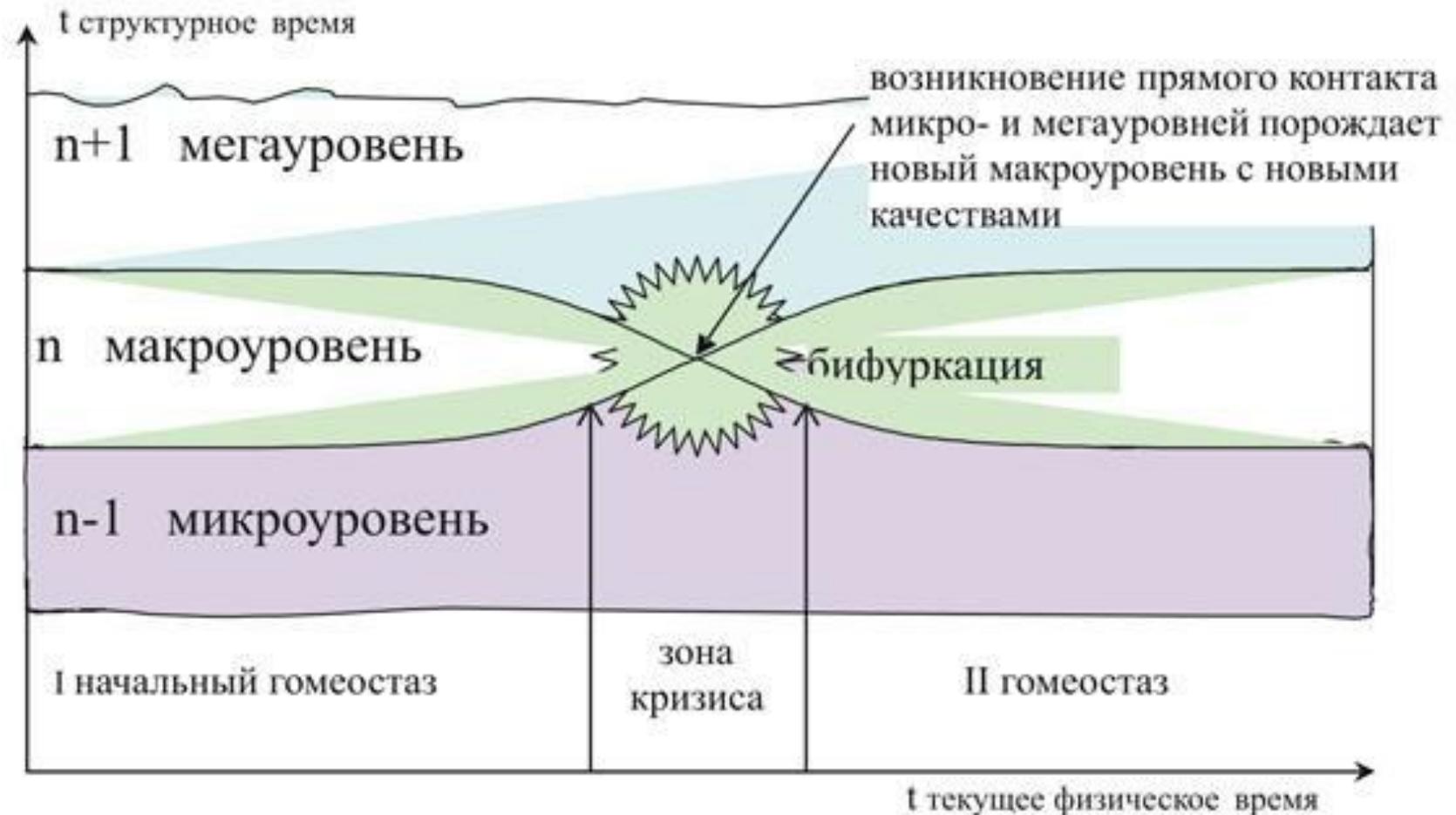
или:

МЕГА + МИКРО == МАКРО new;

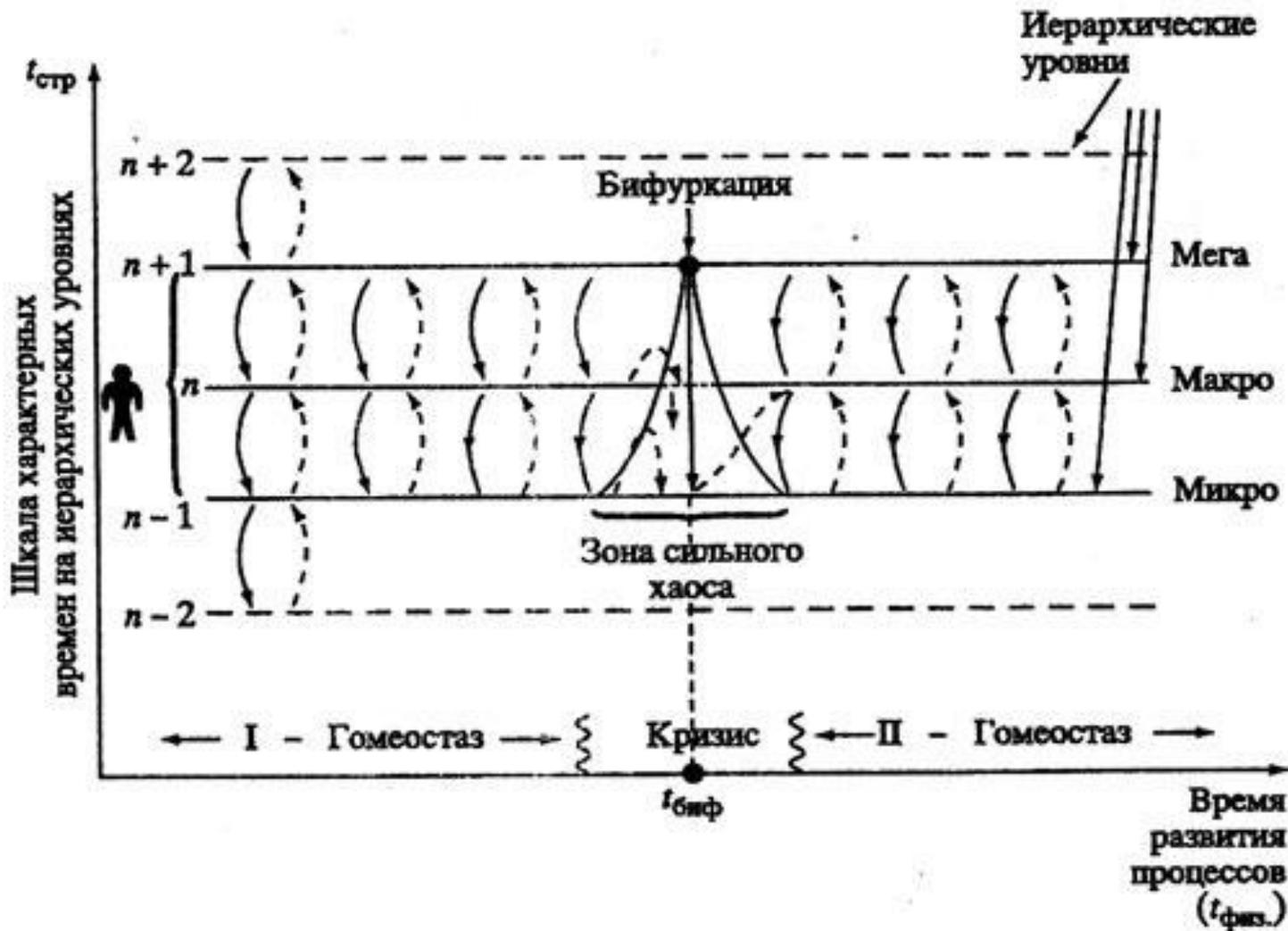
- флуктуации, будущие альтернативы конкурируют между собой и побеждает наиболее быстрорастущая из них — порядок через флуктуации (по И. Пригожину).



Взаимодействие иерархических уровней в системе



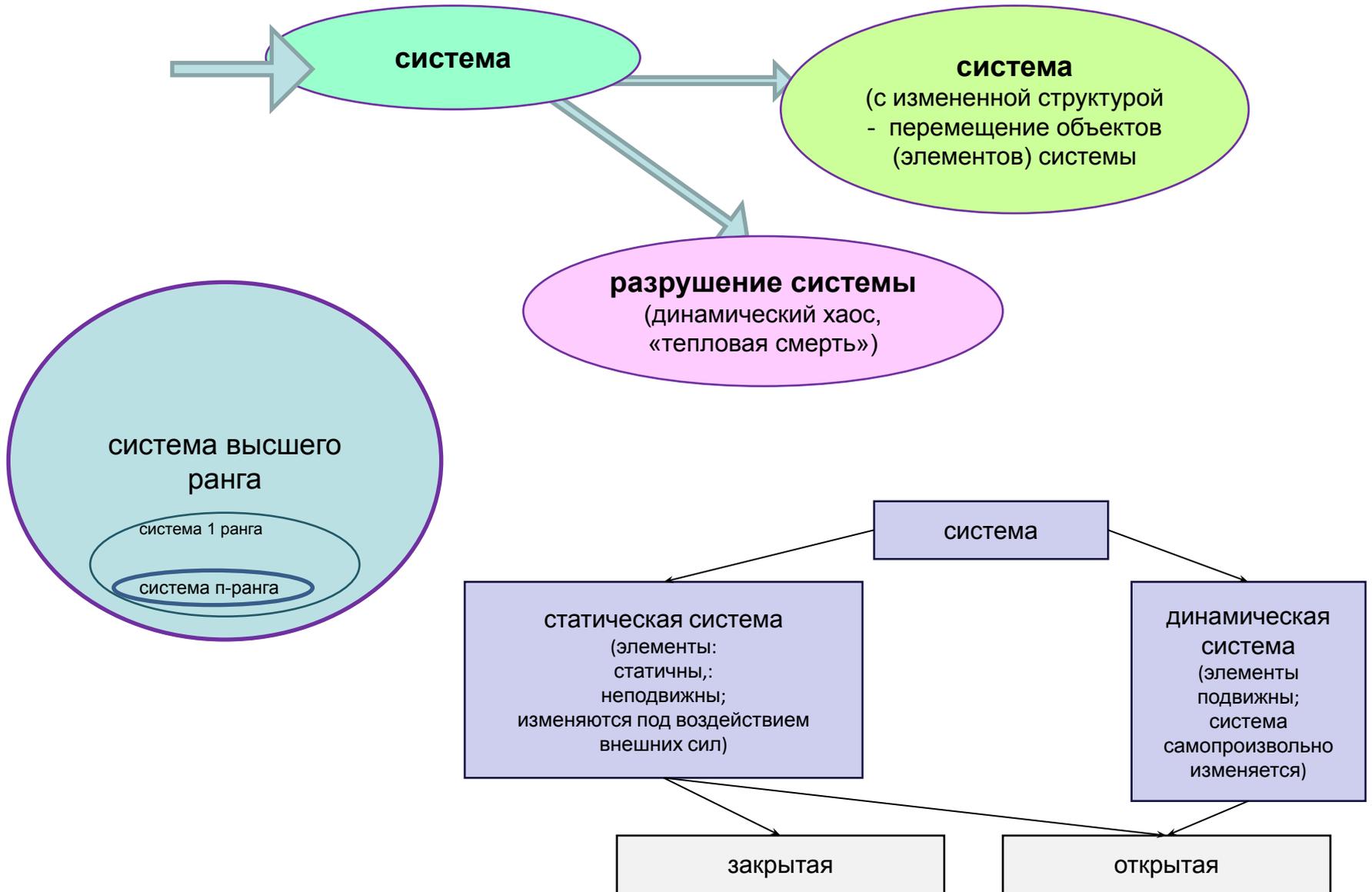
Гомеостаз — это явление поддержания программы функционирования системы в некоторых рамках, позволяющих ей следовать к своей цели.



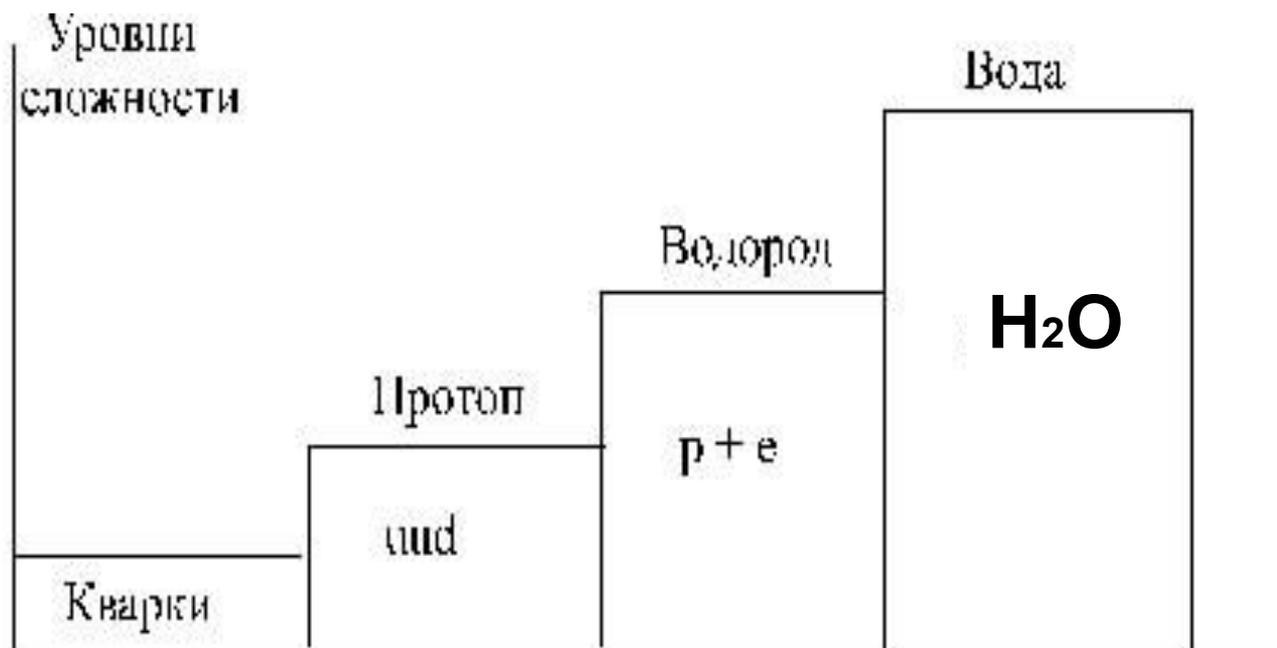
Динамическая иерархичность

По вертикали отложено структурное время, по горизонтали текущее физическое время. В точке бифуркации макроуровень исчезает и возникает прямой контакт микро- и мега- уровней, рождающий макроуровень с иными качествами.

Основные понятия системы



Образование упорядоченных структур, происходящее не за счет действия внешних сил (факторов), а в результате внутренней перестройки системы, называется **самоорганизацией**. Самоорганизация - фундаментальное понятие, указывающее на развитие в направлении от менее сложных объектов к более сложным и упорядоченным формам организации вещества.



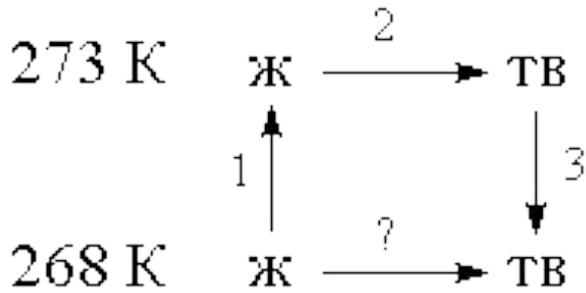
«При самопроизвольных процессах в системах, имеющих постоянную энергию, энтропия всегда возрастает» (второе начало термодинамики)

Влияние энтропии на состояние жидкости

Энтропия при замерзании воды в самой системе (сосуде, водном объекте) убывает, хотя процесс превращения воды в лед при понижении температуры имеет самопроизвольный характер.

При скачках температуры выше-ниже температуры замерзания воды система переходит из жидкого в твердое состояние и обратно.

Это связано с тем, что в окружающую среду выделяется теплота, и энтропия окружающей среды увеличивается, поэтому энтропия Вселенной при замерзании воды возрастает, как и полагается в необратимом процессе:



-с понижением температуры уменьшается степень беспорядка;
-при охлаждении постепенно замирают все виды теплового движения частиц: поступательного, вращательного, колебательного;
-процесс сопровождается фазовыми переходами: чем ниже температура, тем сильнее проявляется тенденция к состоянию с наименьшей энергией. Это состояние соответствует наименьшему возможному значению энтропии системы.

Если реакция протекает с увеличением объема, то *неупорядоченность системы* увеличивается, и ее энтропия возрастает.



Смешение идеальных газов при постоянных температуре и давлении

Если n_1 молей одного газа, занимающего объем V_1 , смешиваются с n_2 молями другого газа, занимающего объем V_2 , то общий объем будет равен $V_1 + V_2$, причем газы расширяются независимо друг от друга и общее изменение энтропии равно сумме изменений энтропии каждого газа:

$$\Delta S = n_1 R \ln \frac{V_1 + V_2}{V_1} + n_2 R \ln \frac{V_1 + V_2}{V_2} = -(n_1 + n_2) R (x_1 \ln x_1 + x_2 \ln x_2)$$

где x_i - мольная доля i -го газа в полученной газовой смеси.

Изменение энтропии всегда положительно, т.к. все $\ln x_i < 0$, поэтому идеальные газы всегда смешиваются необратимо.

Изменение энтропии газа при обратимом изотермическом расширении можно найти с помощью термодинамического определения энтропии с расчетом теплоты расширения по первому закону:

$$\Delta S_2 = \int_{V_1}^{V_2} \frac{\delta Q_{\text{обр}}}{T} = \frac{Q_{\text{обр}}}{T} = nR \ln \frac{V_2}{V_1}$$

Так как расширение обратимое, то общее изменение энтропии Вселенной равно 0, поэтому изменение энтропии окружающей среды равно изменению энтропии газа с обратным знаком:

$$\Delta S_{\text{окр}} = -\Delta S_2 = -nR \ln \frac{V_2}{V_1}$$

Методика получения достоверных среднесрочных (на 2-3 недели вперед) прогнозов погоды

Процесс конвекции воздуха в атмосфере описывается формулами (Эдвард Лоренц):

$$\begin{cases} \dot{x} = -\sigma(x + y) \\ \dot{y} = -xz + rx - y \\ \dot{z} = xy - bz \end{cases}$$

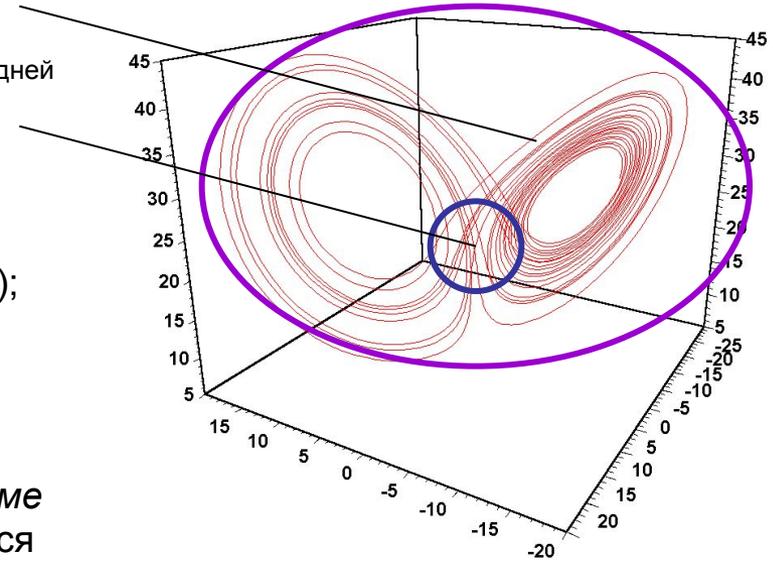
Метеопрогноз на 2-3 недели вперед

Метеопрогноз на 3-5 дней

где:

x - поле скоростей, y и z – поле температур жидкости;
 $r = R/R_c$ (R – число Рэля; R_c – его критическое значение);
 s – число Прандтля;
 b – постоянная, связанная с геометрией задачи.

В результате вычисления в наблюдаемой системе происходит процесс динамического хаоса (наблюдается неперриодическое движение в детерминированных системах, где будущее однозначно определяется прошлым), имеющий конечный горизонт прогноза.



Аттрактор Лоренса - неперриодическое движение с конечным горизонтом прогноза (динамическому хаосу соответствует «клубок» траекторий (событий)).

Таким образом, отсутствует возможность предсказать, начиная с определенного горизонта прогноза (на период более 3-5 дней), достоверное поведение воздушных слоев в атмосфере (как системе), отсюда – ограниченность в предсказуемости развития системы (атмосферы).

Нелинейная динамика, анализируя такого вида системы, позволяет устанавливать:

- количество переменных, необходимых для описания системы;
- количество переменных, необходимых для прогнозирования процессов внутри системы;
- способ осуществления мониторинга за процессами, происходящими в системе.

Процессы, происходящие в системах

Энтропия связывается с вероятностью состояния системы: возрастание энтропии в замкнутой системе при необратимых процессах означает переход системы из менее вероятных в более вероятные состояния (равновесные состояния).

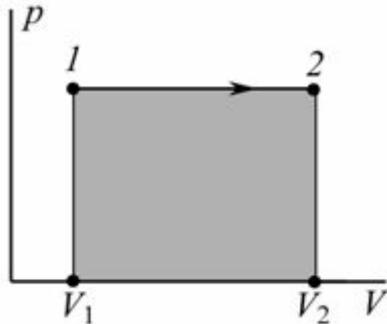
Физический смысл имеет не сама энтропия, которая определяется с точностью до постоянной интегрирования, а разность энтропий. Разность энтропии при равновесном переходе системы из состояния 1 в состояние 2 определяется:

$$\Delta S_{12} = \frac{m}{\mu} \left(C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1} \right)$$

• 1). Изобарический процесс .

Работа A при этом процессе определяется площадью заштрихованного прямоугольника:

$$A = \frac{m}{\mu} R (T_2 - T_1)$$



$$Q = \frac{m}{\mu} \frac{R \Delta T}{\gamma - 1} \left(\frac{\gamma}{2} + 1 \right)$$

2). Изохорический процесс.

$A = 0$, то есть $Q = \Delta U$. В случае изохорического процесса вся теплота, сообщенная газу, идет на увеличение его внутренней энергии:

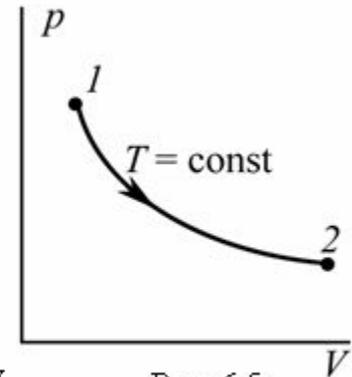
$$Q = \Delta U = \frac{m}{\mu} C_V \Delta T$$

3). Изотермический процесс.

Поскольку $T = \text{const}$, то $\Delta U = 0$ и $Q = A$, то есть все количество теплоты, сообщаемое газу, идет на совершение им работы против внешних сил.

Работа в изотермическом процессе:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{p_1 V}{V} dV = \frac{m}{\mu} R T \ln \frac{V_2}{V_1}$$



4). Адиабатический процесс.

Уравнение адиабаты можно получить в виде:

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Здесь γ – показатель адиабаты $\gamma = C_p / C_V$

Физический смысл возрастания энтропии:

- на первом этапе изолированная (с постоянной энергией и состоящая из отдельных частиц) система стремится перейти в состояние с наименьшей упорядоченностью движения частиц;
- на втором этапе система переходит в состояние термодинамического равновесия, при котором движение частиц хаотично;
- наступает максимальная энтропия или полное термодинамическое равновесие, что эквивалентно полному хаосу.
- в итоге необратимая направленность процессов преобразования энергии в изолированной системе приводит к превращению всех видов энергии в тепловую;
- Тепловая энергия рассеивается и в среднем равномерно распределяется между всеми элементами системы (термодинамическое равновесие, или полный хаос).

В статистической термодинамике энтропия:

1. физическая величина, характеризующая направленность процессов в природе, что выражается в законе возрастания энтропии;
2. мера беспорядка, хаоса в системе, состоящей из множества частиц.

Энтропия и хаос

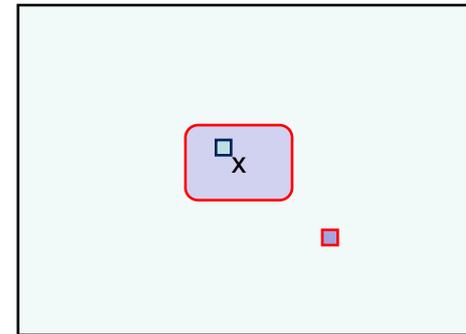
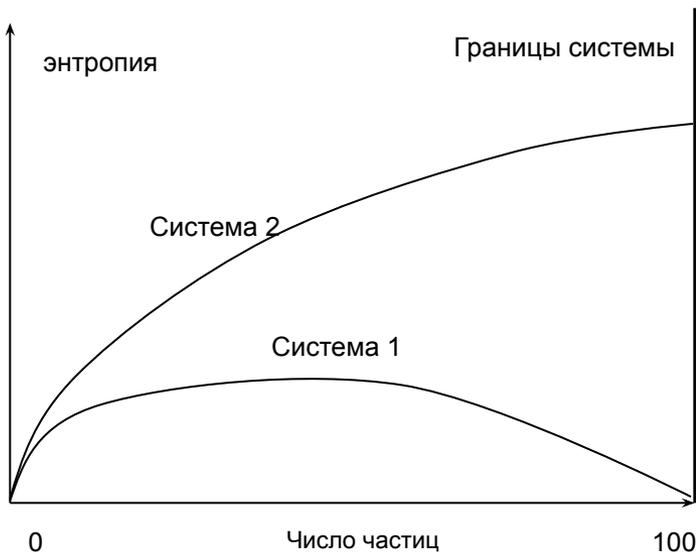
Взаимосвязь энтропии и хаоса, как крайнего ее выражения, можно выразить формулой (соотношением Больцмана):

$$S = k \cdot \log W$$

где:

k – фундаментальная мировая постоянная Больцмана

Взаимодействие систем 1 и 2 с потерей возбуждения одного из объектов (частиц) системы 1 и получением возбуждения одной из частиц системы 2



Зависимость энтропии систем 1 и 2 от числа возбужденных состояний, перемещенных из системы 1 в систему 2 (при одинаковой температуре обеих систем)

Свойства хаоса

Хаос обладает определенными свойствами (количественными величинами):

- направлением спонтанных (самопроизвольных) изменений (прохождения процесса);
- скоростью осуществления изменений (началом и окончанием процесса).

Для возникновения хаоса необходима энергия активации процесса, приводящего к изменению и перестройке существующих в окружающей среде систем и объектов, которая зависит от количества, плотности и распределения ее в пространстве, где происходит процесс.

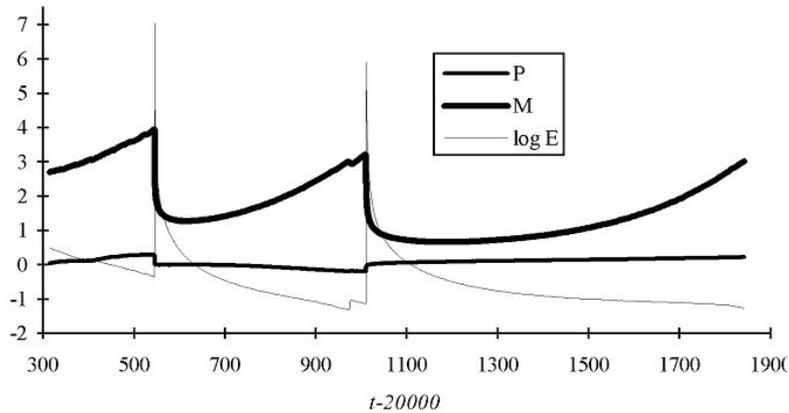
Вероятность того, что энергия активации накопится для начала процесса, называется вероятностью (или распределением) Больцмана:

$$\text{вероятность} = \exp \left(\frac{\text{энергия активации}}{\text{температура}} \right)$$

Количество энергии, затраченное на работу по разложению системы и объектов системы, определяется разницей между полной освободившейся при этом энергией и энергией, поступившей в окружающую среду.

Следовательно, для выполнения работы использовалась свободная энергия, равная:

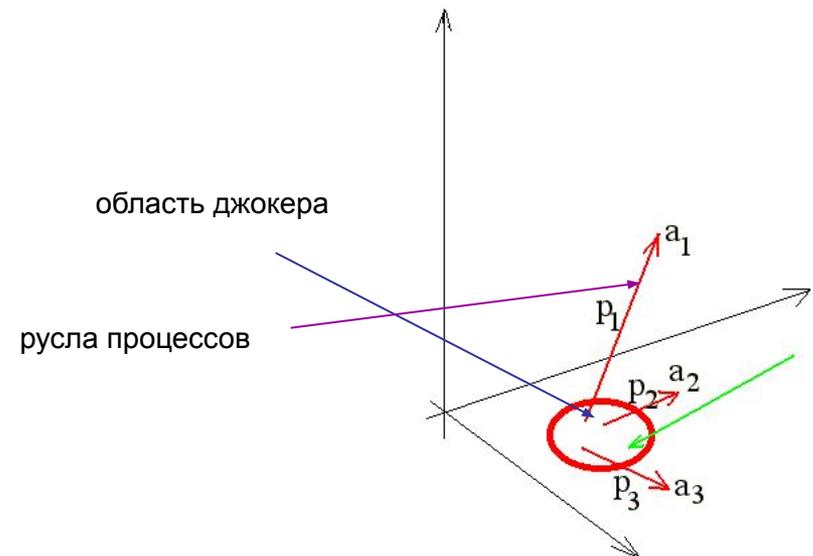
$$\text{свободная энергия} = \text{полная энергия (системы+объектов системы)} - \text{температура} \times \text{изменение энтропии}$$



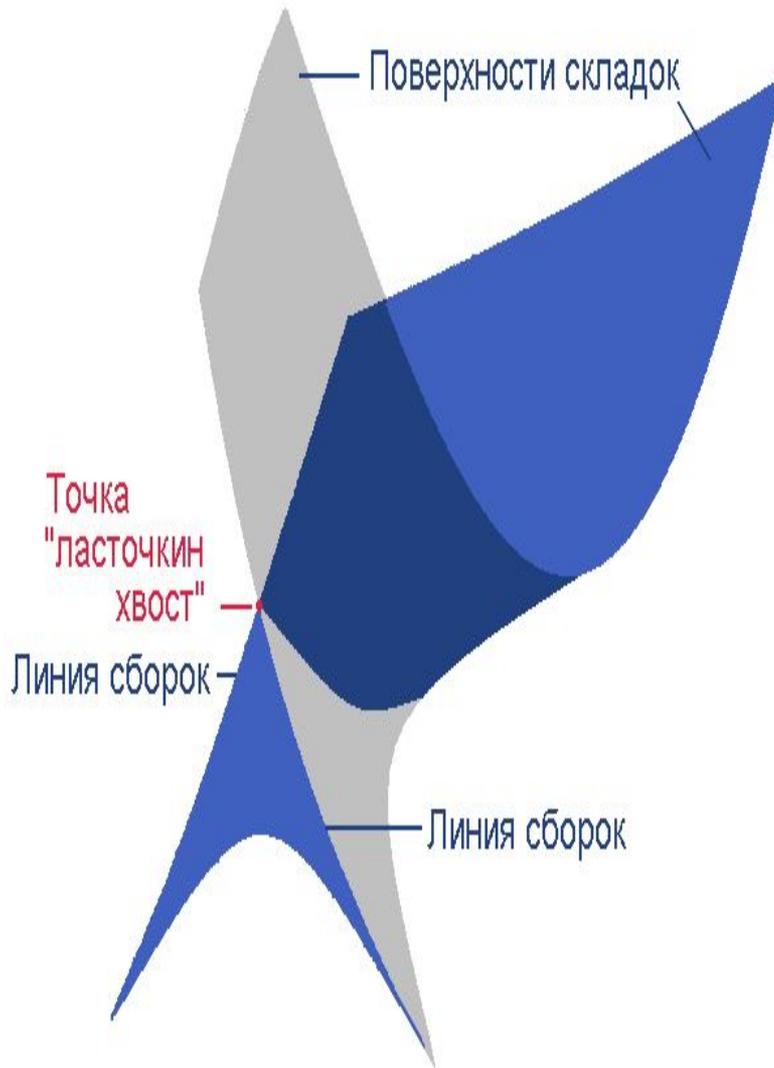
Для понимания механизма процесса возникновения хаоса в ряде случаев можно определить *предвестники*, основным из которых является явление *жесткой турбулентностью*. (изменение медленных переменных перед гигантскими пиками). Наиболее важна с точки зрения предупреждения катастрофических событий переменная $M(t)$, при возникновении опасности катастрофического события переменная $M(t)$ находится на грани между детерминированным и вероятностным поведением, *на кромке хаоса*.

В фазовом пространстве многих объектов есть места, называемые *областями джокеров*, в которых случайность, или фактор, не играющий никакой роли в другой ситуации, может оказаться решающим и не только повлиять на судьбу системы, но и скачком перевести ее в другую точку фазового пространства (направить процесс в другое русло его развития).

Для преодоления зоны (области) джокера (возникновения хаоса) и направления процесса в нужное русло применяется принцип управления рисками, или минимизации последствий хаоса после прохождения системой точки бифуркации, за счет проведения предупредительных мероприятий (исключения случайности риска активизации фатальных процессов).



Теория катастроф



Теория катастроф – в основу заложены математические величины, позволяющие находить особенности дифференцируемых отображений, производить их анализ и классификацию. Пространство образов одномерно, а размерность пространства прообразов может быть любой.

Катастрофа определенного типа – выделенный в пространстве образов тип особенности, характеризуемый определенным универсальным устройством окрестности в пространстве параметров (прообразом).

Каждой катастрофе **сопоставляются**:

- *термин* ("складка", "сборка", "ласточкин хвост", "эллиптическая омбилика", "гиперболическая омбилика" и др.);
- описывающая ее *формула* – заданная алгебраическим соотношением функция, содержащая нужное количество переменных и параметров;
- *графический образ*, отражением которого является соответствующий термин.

Теория катастроф - математическая дисциплина, содержанием которой является нахождение, анализ и классификация особенностей дифференцируемых отображений, обобщение исследования функций на максимум и минимум.

Катастрофа определенного типа понимается как выделенный в рамках указанного подхода тип особенности, характеризуемый определенным универсальным устройством окрестности в пространстве параметров.

Имеется прямое соответствие между теорией катастроф и разделом нелинейной динамики, относящимся к градиентным системам (теория бифуркаций состояний равновесия таких систем).

Аттрактор (от англ. *to attract* - притягивать) - геометрическая структура, характеризующая поведение в фазовом пространстве по прошествии длительного времени.

Теория бифуркаций рассматривает три типа **аттракторов**:

- устойчивый фокус (аттрактор-точка);
- устойчивый предельный цикл;
- хаотический аттрактор

Согласно такому представлению, в отличие от систем без аттракторов, системы с аттракторами являются диссипативными.

Ранжирование систем

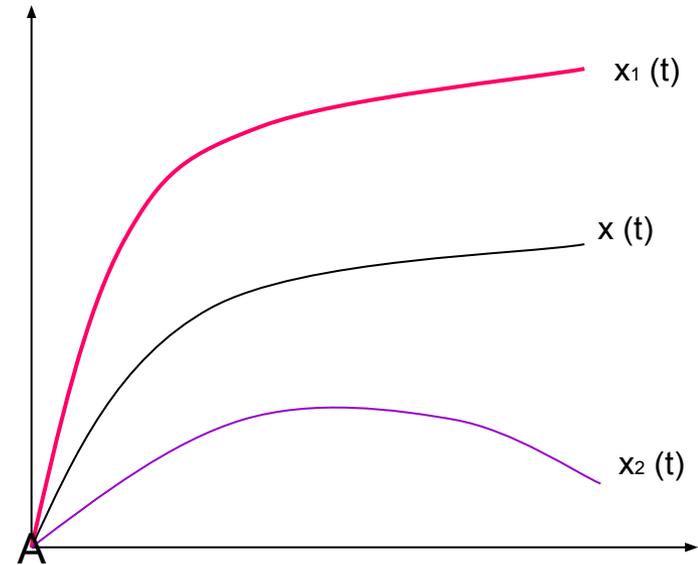
Процессы, происходящие в системах, имеют различную степень развития – от незначительных перемещений ее элементов до наступления динамического хаоса.

К системам различного ранга относятся Земля в целом, каждая из ее оболочек, биосфера, почва, живой организм и т.д. Географическая оболочка и биосфера могут рассматриваться как природные системы наиболее высокого, глобального уровня организации. В свою очередь, в их составе могут быть выделены многочисленные и разнообразные системы более низких рангов.

Системы в зависимости от их состояния (структуры) разделяют на статические и динамические:

элементы (объекты) статической системы неподвижны, и сама система не способна изменяться, если на нее ничто не воздействует извне;

в динамической системе элементы подвижны, связи между ними сложнее, и сама система способна к самопроизвольным изменениям.

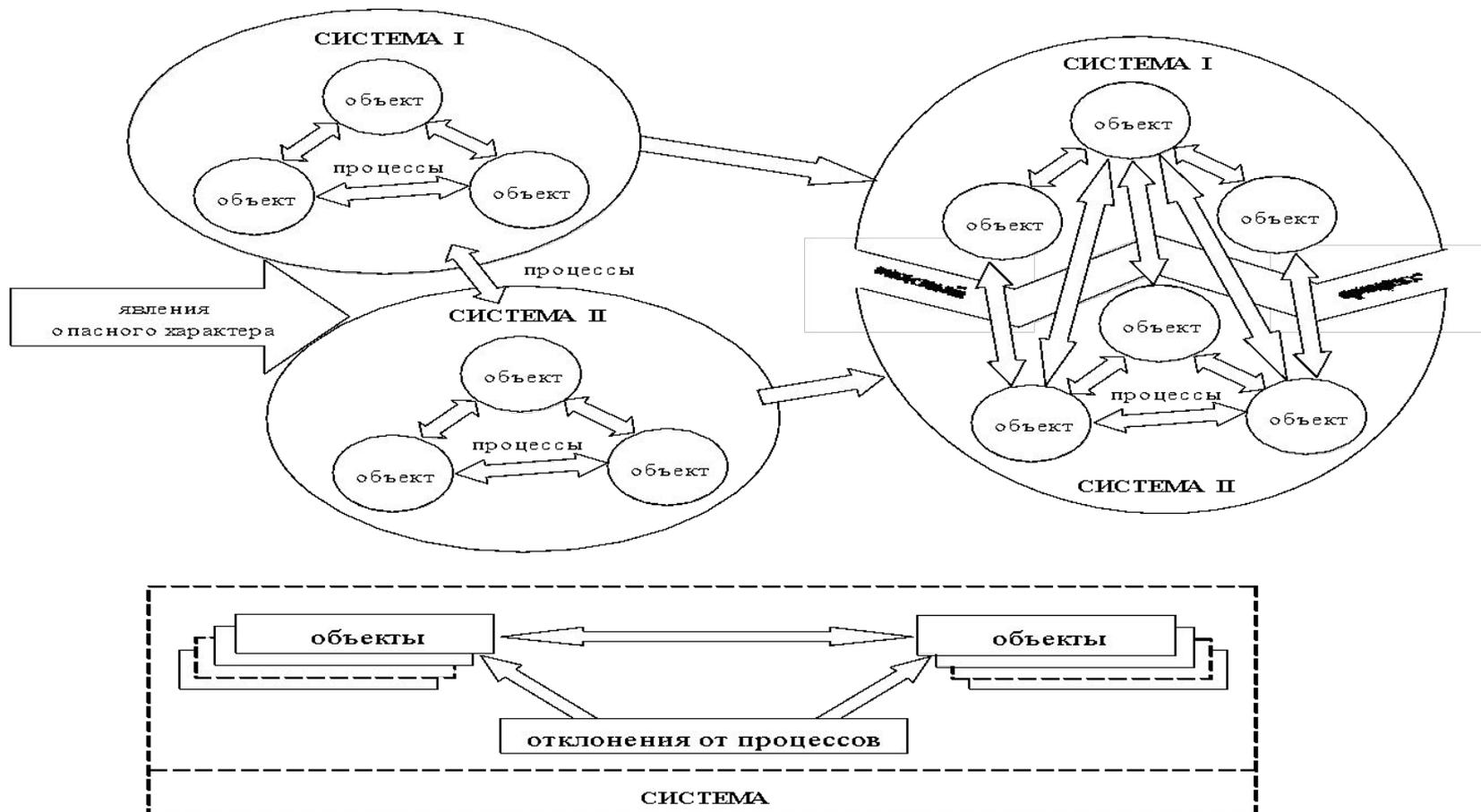


Расходимость фазовых траекторий в системах с динамическим хаосом

В ходе развития динамическая система определяется определенной траекторией в фазовом пространстве (линия $x(t)$). В условиях динамического хаоса траектория развития системы отклоняется в ту ($x_1(t)$) или иную ($x_2(t)$) сторону. Отсюда первопричины отклонения развития системы от события A (причины возникновения динамического хаоса) имеют малые величины, но могут иметь большие следствия.

Система характеризуется математическим значением - чувствительностью к начальным данным события A со своим *горизонтом прогноза (пределом предсказуемости)*

Ограничения в предсказуемости развития системы после события A не зависят от внутреннего строения и физических свойств системы (простая или сложная, статичная или динамичная).



Системы в зависимости от генезиса подразделяются на:
 абиогенные системы, включающие лишь неорганическое вещество;
 биологические системы – живые организмы и их ассоциации, например, биоценозы;
 биокосные системы, для которых характерно тесное взаимопроникновение живых организмов и неорганической («косной» по В.И. Вернадскому) материи (почвы, коры выветривания, ландшафты, океаны и самая крупная биокосная система – биосфера);
 техногенные системы – промышленные предприятия, города, транспортные артерии и т.д.

Условия эволюции (самоорганизации) системы

Для того, чтобы в системах шла самоорганизация, должны выполняться следующие необходимые условия и этапы эволюции:

а) Система должна быть открытой и находиться достаточно далеко от состояния, соответствующего термодинамическому равновесию.

б) Необходимо, чтобы порядок возникал благодаря флуктуациям, которые сначала осуществляют, а затем усиливают его.

в) Важнейшим условием является наличие положительной обратной связи.

г) Необходимым условием считается и достижение системой некоторых критических размеров, способствующих и усиливающих кооперативное поведение элементов системы.

Двойственность иерархических систем является движущей силой иерархических систем. В процессе функционирования по принципу маятника происходят циклические преобразования системы из одного состояния в противоположное, осуществляя таким образом принцип саморегулирования.

Однако в любом случае, при движении системы от одного полюса к другому, сумма ее “кинетической и потенциальной энергии” будет являться постоянной величиной. Эта константа и составляет сущность принципа саморегулирования иерархических систем, в основе которого лежит закономерность сохранения двойственности системы.

Процессы, приводящие к катастрофам в системах

«...для данной точности (сколь угодно большой, но конечной) можно всегда указать такой промежуток времени, что для него становится невозможным сделать предсказания...»

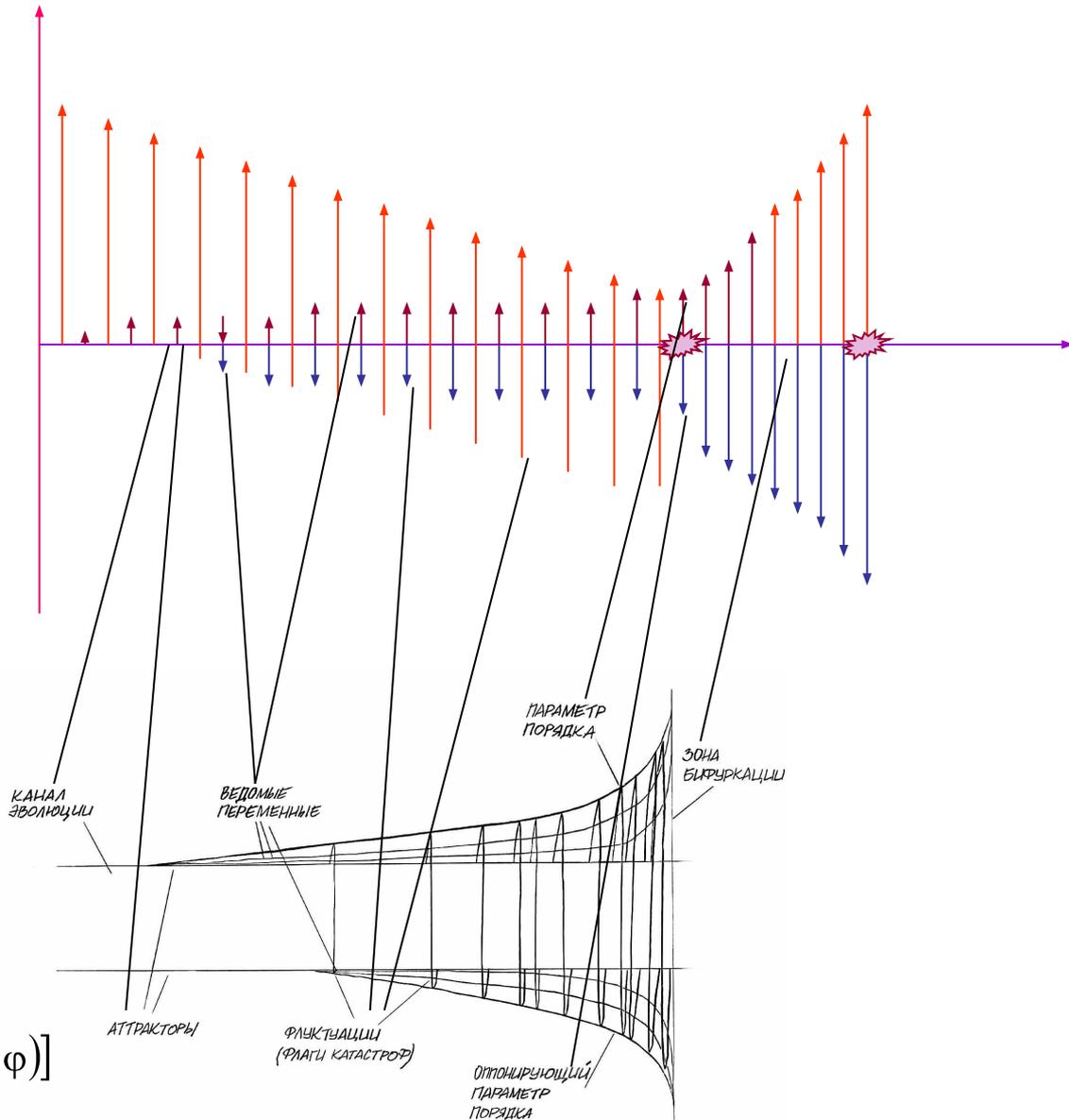
"Фейнмановские лекции по физике"

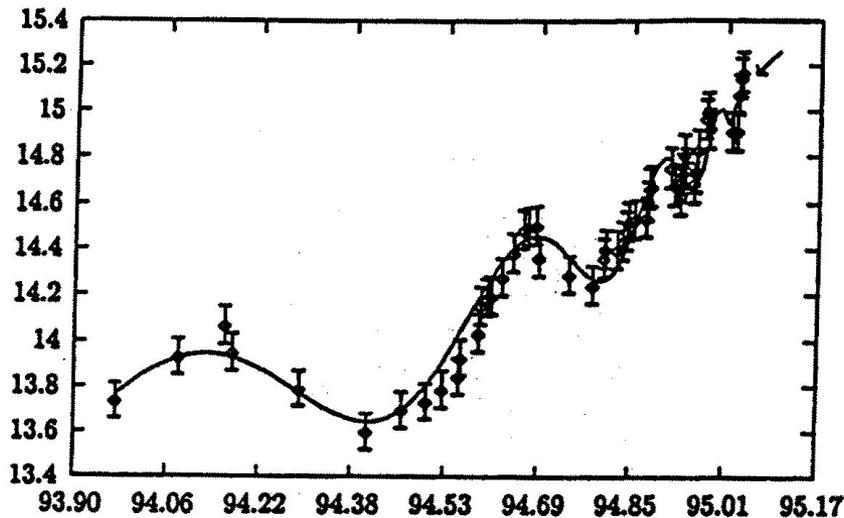
Процессы, происходящие в системах, можно подразделить на процессы:

- которые описываются динамическими системами, где будущее однозначно определяется прошлым;
- где будущее не зависит от прошлого (зависит от случайных величин);
- поведение которых может быть предсказано только на небольшой промежуток времени.

Если в системе наблюдается быстрый катастрофический рост, на который накладываются ускоряющиеся колебания, то сглаженная кривая описывается формулой:

$$I(t) = A + B(t_c - t)^\alpha [1 + C \cos(\omega \log(t_c - t) - \varphi)]$$





Зависимость логарифма концентрации ионов хлора в родниках перед катастрофическим землетрясением от времени (указано в годах).

График поведения характеристик, описывающих сложно организованную иерархическую систему – тектонический разлом – незадолго перед катастрофой. Асимптотикой таких процессов перед катастрофой является так называемый *режим с обострением* (когда одна или несколько величин, характеризующих систему, за конечное время вырастают до бесконечности).

Вероятностное пространство — это тройка (Ω, \mathcal{F}, P)

где:

Ω - произвольное множество, элементы которого называются

элементарными событиями, исходами или точками;

\mathcal{F} - сигма-алгебра подмножеств (случайных событий);

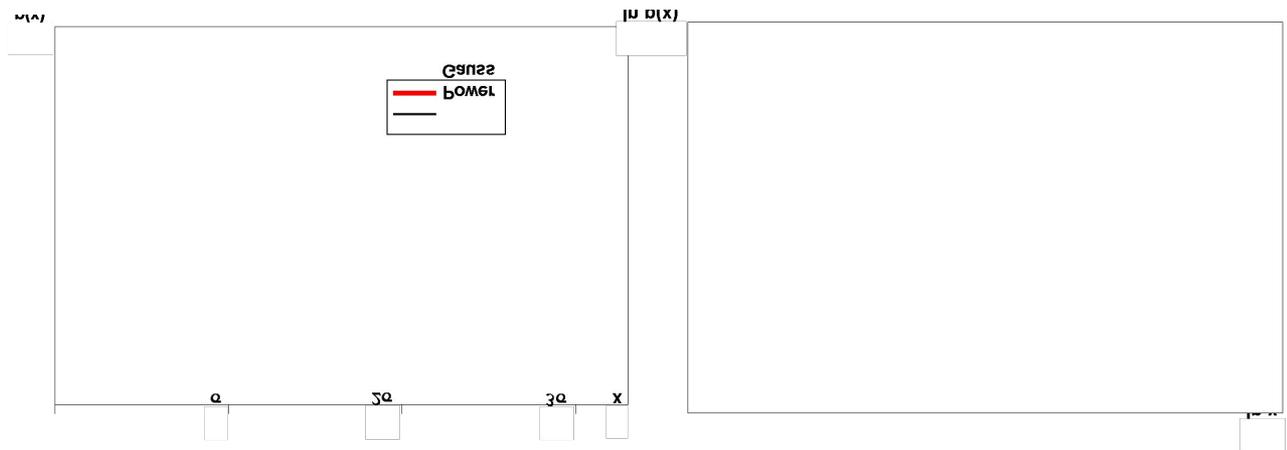
P - вероятностная мера (вероятность), т.е. сигма-аддитивная

конечная мера $P(\Omega) = 1$

«Правило трех сигм (среднеквадратичных отклонений)» (Гаусс) - вероятность отклонения случайной величины от среднего значения более, чем на три "сигмы" составляет менее 0,001.

(Лаплас) - если случайная величина x имеет нормальный закон распределения с параметрами a и δ^2 , т.е. $N(a, \delta^2)$, то практически достоверно, что ее значения заключены в интервале $(a - 3\delta; a + 3\delta)$, отсюда:

$$P(|X-a| \leq 3\delta) = \Phi(3) = 0,9973$$



Гауссово распределение (красная линия) - большие отклонения настолько редки, что ими можно пренебречь (левый график).

При чрезвычайных ситуациях (бедствия, аварии, катастрофы) отражается статистика со степенным распределением (черная линия), при этом редкими катастрофическими событиями пренебречь нельзя.

На правом графике распределения представлены в логарифмическом масштабе, при котором степенные зависимости приобретают вид прямых линий.

Катастрофы в геологическом прошлом Вологодской области (в среднем течении реки Сухоны)



протерозой		палеозой																
верхний протерозой		кембрийская		ордовикская		девонская			каменноугольная (карбон)			пермская			триасовая			
рифей	вендский комплекс	нижний нижний	средний	нижний	средний	средний	верхний		нижний	средний	верхний	нижний	верхний					
		балтийская серия		тремадокий		живетский	франский	фаменский	турнейский	визейский серпуховский	московский	касимовский гжельский	ассельский сакмарский	артинский кунгурский	уфимский	казанский	татарский сев. двинский	индский
млн. лет		526-535	500	490	473	382-392	382	370	360	342	300	295	280	275	270	265	260	246-250

Влияние случайных событий на риск активизации фатального процесса (случайности) S

$$S_1 = \sum_{i=1}^N p_i x_i$$

где:

N - возможные события, имеющие фатальность в результате процесса в системе;

p_i – вероятность этих фатальных событий;

x_i – возможные варианты развития событий (в положительную и отрицательную сторону).

Для расчета алгоритма минимизации риска вводится понятие «полезности», или влияния принятых мер на снижение риска:

$$S_2 = \sum_{i=1}^{\infty} p_i U(x_i)$$

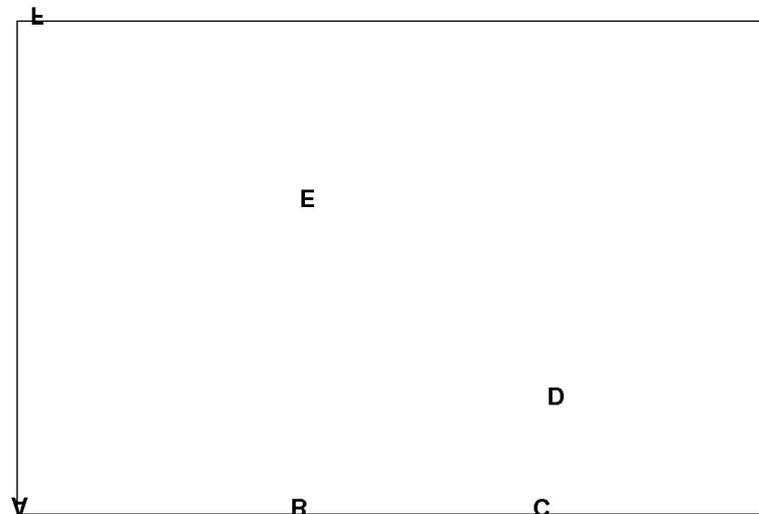
где $U(x_i)$ – функция полезности

$$S_3 = \sum_{i=1}^{\infty} f(p_i) \cdot U(x_i)$$

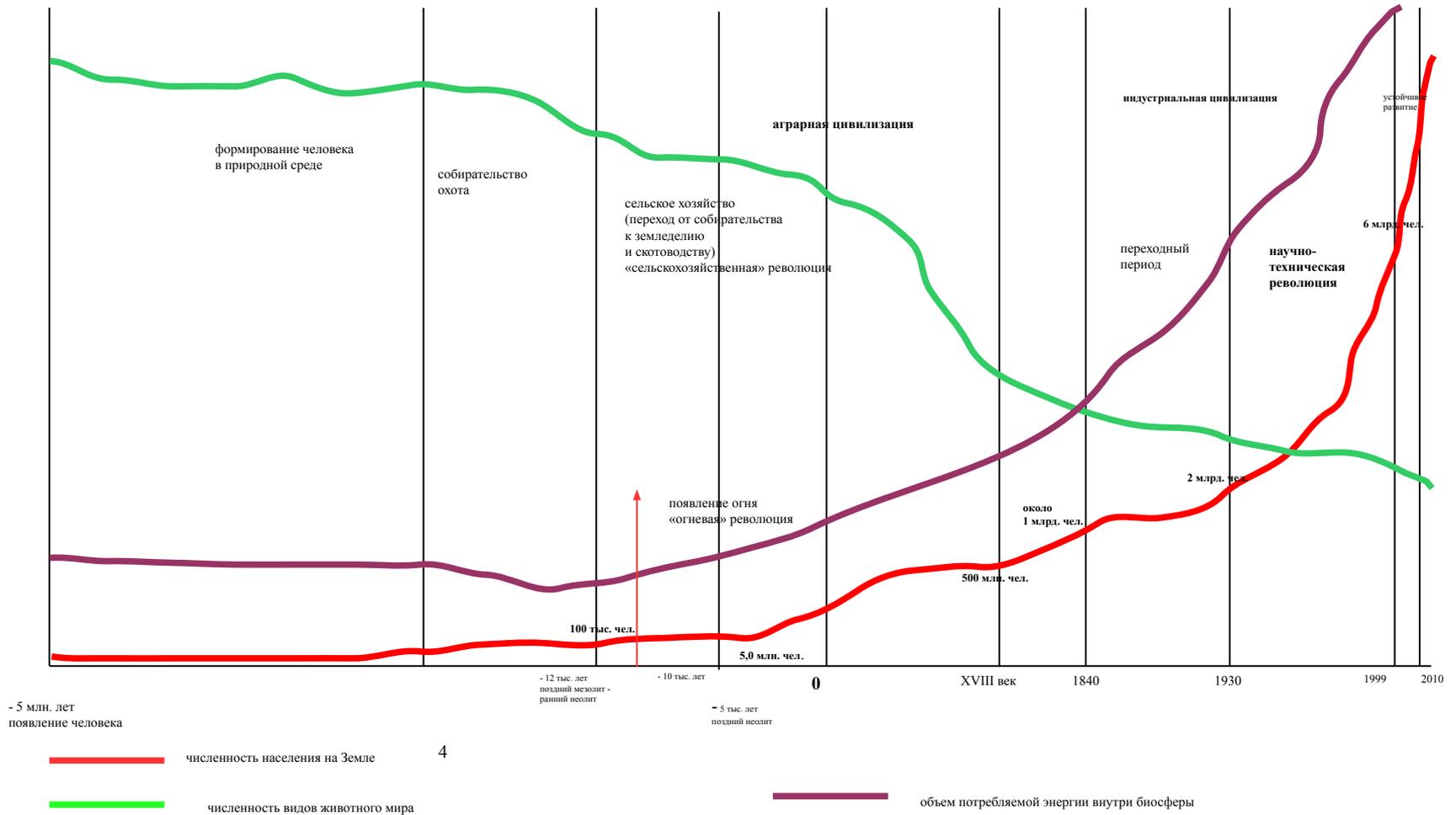
Для определения риска при принятии решения учитываются субъективные вероятности, оказывающие влияние на события в целом.

где $f(p_i)$ – субъективные вероятности

При оценке аварии (фатального события или «гауссовых бедствий») выделяют проектные, запроектные и гипотетические аварии. Вероятность первых определяется площадью криволинейной трапеции ABEF, запроектных – BCDE, гипотетических – площадью участка под кривой, справа от линии DC.



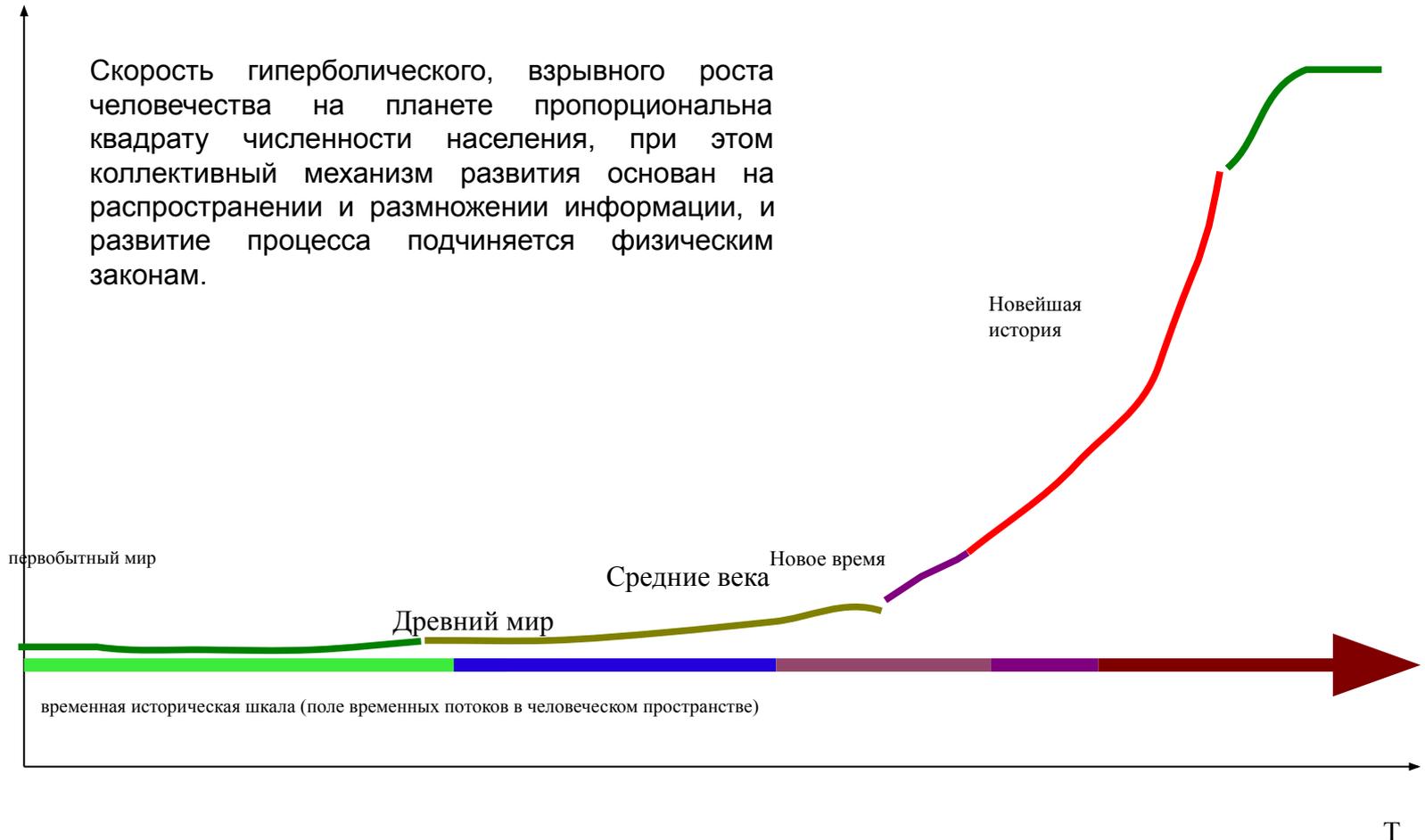
Эволюционное развитие и время



Эволюция численности населения Земли и потребления энергетических и природных ресурсов

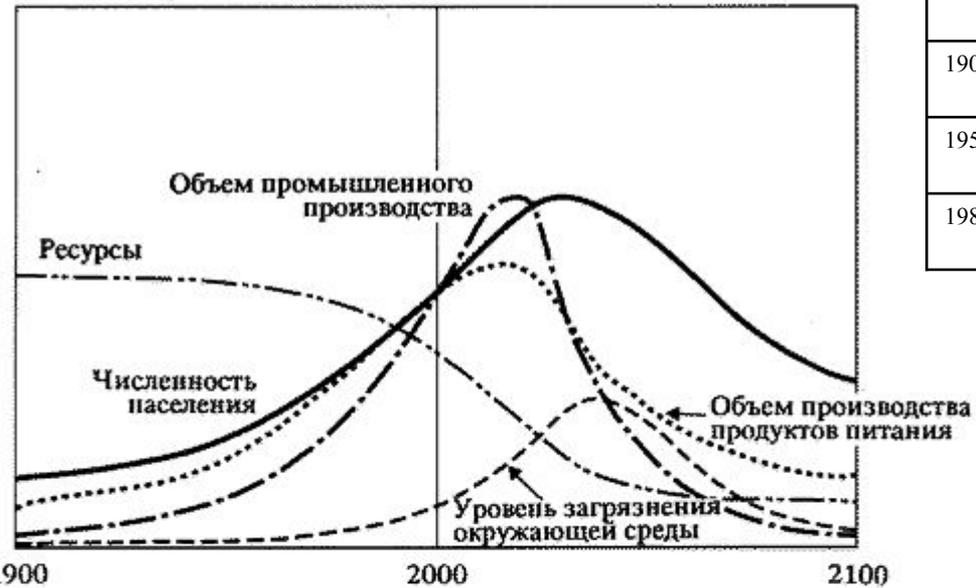
Уровни энергии, потребляемые человечеством из природы, вышли на более высокий уровень, а процессы, связанные с ними, стали принимать все более угрожаемые масштабы.

Скорость гиперболического, взрывного роста человечества на планете пропорциональна квадрату численности населения, при этом коллективный механизм развития основан на распространении и размножении информации, и развитие процесса подчиняется физическим законам.



Одновременно с влиянием человечества на информационные потоки происходит и взаимодействие его с временными потоками в историческом развитии самого человечества (С.П. Капица, 2004), когда с развитием человеческого общества изменяется и длительность течения времени истории, т.е. происходит ускорение его течения: $\zeta = \lg(t \rightarrow \Delta t)$

Древний мир с известных нам времен длился тысячи лет, оставаясь в некоторой мере инертным в отношении эволюционных, взрывных процессов в социальной и производственной сфере, период Средних веков охватывает около тысячи лет, Новое время сжимается до трех сотен лет, а период Новейшей истории укладывается в столетие.



Материальный уровень жизни



Период времени развития техносферы (годы)	Основные наименования признаков этапа развития	Передовые страны
1900-1950	электрический двигатель, ТЭС, сталь	США, Германия
1950-1980	нефть, газ, ДВС, АЭС, авиация, космонавтика	СССР, США
1980-2000	ЭВМ, нанотехнологии	Япония, США

Периоды	Численность населения. млн. человек	Виды и уровень опасностей
Собирательство, охота (-700 000 – 12 000 лет)	< 10	естественные – обычный уровень; антропогенные – зачатки; техногенные – предпосылки
Сельское хозяйство и аграрная цивилизация (- 12 000 лет – XIX век)	10-1000	естественные – обычный уровень; антропогенные – низкий уровень; техногенные - зачатки
Индустриальная цивилизация (XIX век – 30-е годы XX века)	1000 - 2000	естественные – обычный уровень; антропогенные – низкий уровень с ростом; техногенные – низкий уровень
Научно-техническая революция (1930-2000 годы)	2000 – 6 000	естественные – рост опасностей; антропогенные – высокий уровень; техногенные – высокий уровень
Постиндустриальное развитие (2000 -2010 годы)	более 6 000	естественные – высокий уровень; антропогенные – высокий уровень с ростом в новых сферах; техногенные - возрастание опасностей во всех сферах



Прогнозные оценки – проектирование развития цивилизации в XXI веке с учетом переломного момента – бифуркации событий в ближайшие годы

Энтропия Вселенной

Отношение радиуса расширяющейся Вселенной к ее времени существования остается постоянной величиной и является скоростью света – C (по последним исследованиям, превышает ее):

$$R_B / t_B \geq C$$

Энергия и энтропия Вселенной

Энергия и энтропия Вселенной в эрг.

Масса материи Вселенной в г.

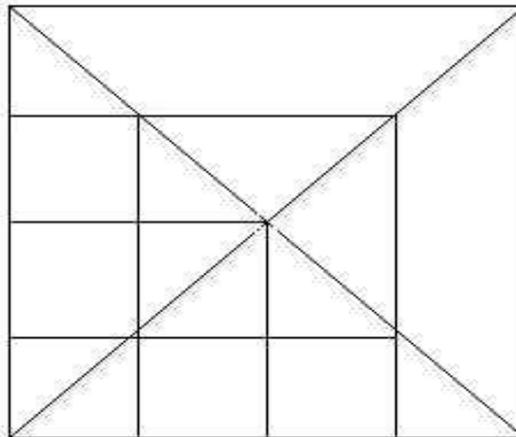
$3,1 \cdot 10^{133}$ — $3,46 \cdot 10^{112}$

$2,28 \cdot 10^{105}$ — $2,537 \cdot 10^{84}$

$1,67 \cdot 10^{77}$ — $1,86 \cdot 10^{56}$

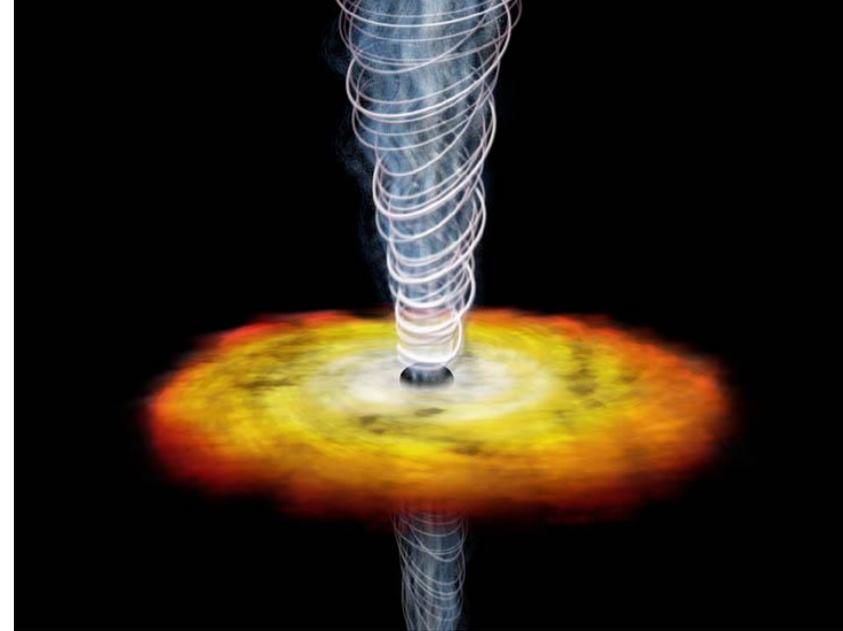
$1,23 \cdot 10^{49}$ — $1,36 \cdot 10^{28}$

$9 \cdot 10^{20}$ — 1



$7,33 \cdot 10^{29}$ 1 $1,36 \cdot 10^{28}$ $1,86 \cdot 10^{26}$ $2,5 \cdot 10^{24}$ R_B

$2,44 \cdot 10^{39}$ $3,3 \cdot 10^{11}$ $4,55 \cdot 10^{17}$ $6,2 \cdot 10^{43}$ $8,46 \cdot 10^{72}$ t_B



Астрономы посчитали суммарную энтропию - меру хаоса - во Вселенной. В результате им удалось установить, что одними из главных источников "беспорядка" в космосе являются сверхмассивные черные дыры.

В рамках работы астрономы вычисляли так называемую термодинамическую энтропию, которая является функцией возможного количества состояний системы. Выяснилось, что во Вселенной в настоящее время порядка 10^{104} единиц энтропии, что на 1-3 порядка больше предыдущих оценок этой величины



Энтропия системы соотносится с количеством микросостояний, которые возможны в данном макроскопическом термодинамическом состоянии, и выражается (в единицах Дж/К) в виде:

$$S = k \cdot \ln(\Omega),$$

где k — константа Больцмана;

Ω — число микросостояний.

1. Полная энергия Вселенной не пропорциональна объёму.
2. Вселенная, согласно *Хаббла закону*, расширяется, т. е. нестационарна.
3. Вселенная не удовлетворяет исходным аксиомам термодинамики об аддитивности энергии и существовании термодинамич. равновесия.
4. Вселенная как целое не характеризуется одной температурой.

Энтропия - величина, характеризующая степень неупорядоченности и тепловое состояние *Вселенной*.

Увеличение оценочного значения энтропии наблюдаемой Вселенной можно интерпретировать как приближение к так называемой [тепловой смерти](#) — конечному состоянию, в котором никакого обмена энергией между частями системы наблюдаться уже не будет, и жизнь окажется невозможна, и в таком состоянии энтропия Вселенной достигнет своего максимума.

Вместе с тем сверхмассивные черные дыры не оказывают заметного влияния на процессы передачи тепла и выравнивания температуры во Вселенной: они постепенно «испаряются», испуская [излучение Хокинга](#).

вклад темной материи

Энтропия Вселенной
 $S = \cdot 3,1 \cdot 10^{104} \cdot k$

10 104 единиц энтропии

вклад черных дыр
 $S = 10^{104} \cdot k$ ($10^{88 \pm 1} \cdot k$)
(запертая в черных дырах энтропия)

Мера хаоса во Вселенной

перераспределение тепла во Вселенной

Тепловая смерть во Вселенной
 $S_{max} = 10^{122} \cdot k$
(состояние замкнутой термодинамической системы, при котором $S = max$ – внутри невозможны тепловые процессы, в т.ч. и поддерживающие жизнь)

Энтропия Вселенной - величина, характеризующая степень неупорядоченности и тепловое состояние *Вселенной*

гравитация
Сверхмассивные черные дыры с массой:

$$M = \frac{4\pi}{3} L_h^3 \rho_c = 10^{57} \left(\frac{H_0}{50}\right)^{-1}$$

«испарение» с излучением Хокинга ($T = 10^{102}$ лет)

(при этом гравитационная энергия Вселенной не пропорциональна ее объему – по закону Хаббла расширяется, т.е. не стационарна).

Оценка полной энтропии той части Вселенной, которая доступна наблюдению в настоящий момент:

$$S = \frac{4\pi}{3} L_h^3 s$$

где: $L_h = 12\,000 \left(\frac{H_0}{50}\right)^{-1}$

H_0 - Хаббла постоянная в км/(с · Мпк);
 s_g (~ s_g) - полная плотность энтропии безмассовых частиц во Вселенной

здесь подразумевается, что $R(t) \propto t^{2/3}$, ср. плотность вещества во Вселенной равна критической плотности $\rho_c = 3H_0^2/8\pi G$, а пространственная кривизна равна нулю; Мпк – современный космологический горизонт

$S_{ч.д.} = \frac{4\pi}{3} r_g^2 l_p^{-2} \sim 10^{124} k$
 $r_g = 2GM/c^2$ - гравитационный радиус невращающейся чёрной дыры;
 10^{-33} см - планковская длина