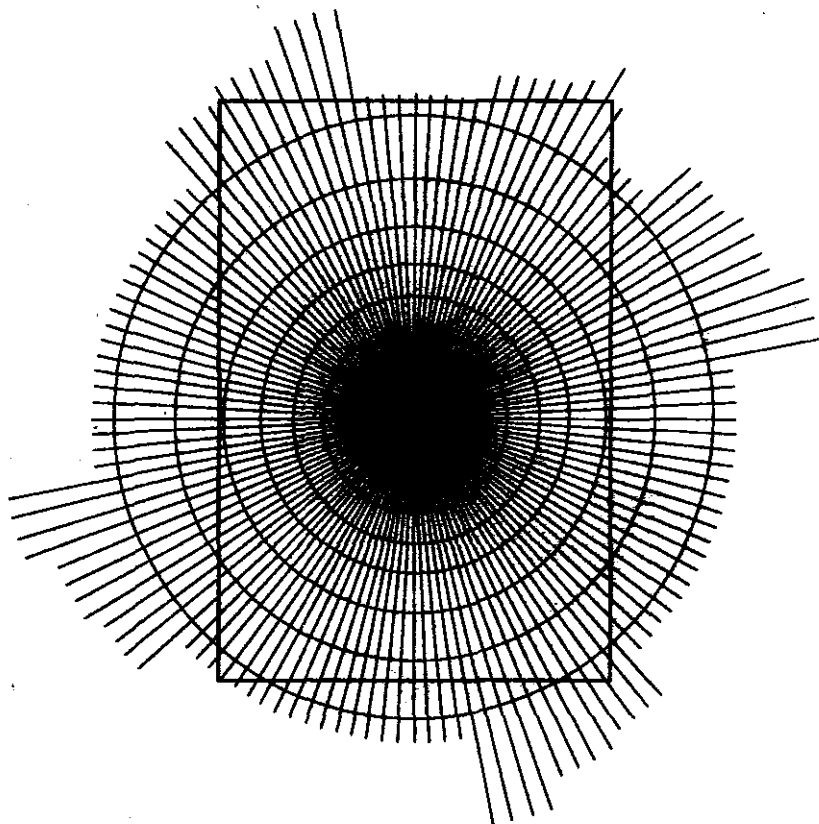


5(075.3)  
X 19

Ю.П. Хапачев

# КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Курс лекций



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. Х.М. БЕРБЕКОВА**

**Ю.П. Хапачев**

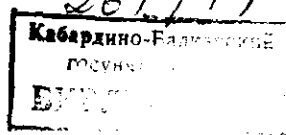
**КОНЦЕПЦИИ  
СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

**Курс лекций**

**УЧЕБНЫЙ АБОНЕМЕНТ**

**НАЛЬЧИК 2000**

УДК 50.312 (075.3)  
ББК 2 я73  
Х 12



**Рецензент:**

доктор физико-математических наук, профессор  
кафедры физики твердого тела физического факультета  
МГУ им. М.В. Ломоносова  
**В.А. Бушуев**

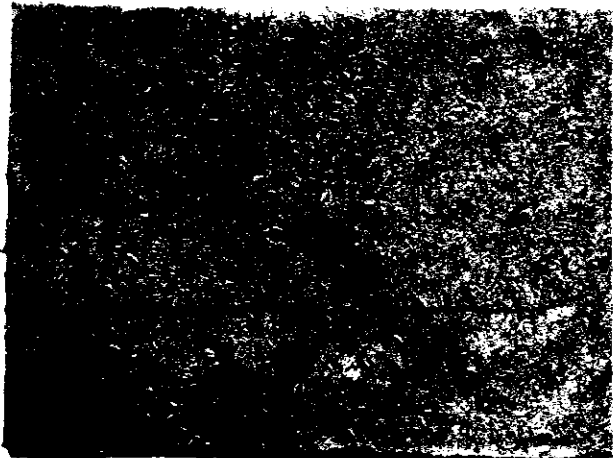
Х 12. Хапачев Ю.П. Концепции современного естествознания: Курс лекций. – Нальчик / Каб.-Балк. ун-т, 2000. – 80 с.

В книге представлены основные концепции современного естествознания. Изложение материала подчинено существенной тесной взаимосвязи различных областей знаний. Эта цель достигается через выявление значения и роли фундаментальных принципов науки.

Курс лекций предназначен для студентов, аспирантов и всех, кто интересуется концептуальными проблемами современной науки.

Рекомендовано РИСом университета

ISBN 5-7558-0077-



*О, сколько нам открытий чудных  
Готовит просвещенья дух  
И опыт, сын ошибок трудных,  
И гений, парадоксов друг,  
И случай, Бог изобретатель.*  
1829 г. А. С. Пушкин

### Преамбула

Данный курс лекций соответствует семестровой программе и является адаптированным и сокращенным материалом книги "Концепции современного естествознания", написанной автором совместно с А.А. Дышковым, Т.И. Орановой, Т.И. Шустовой и Е.Н. Ивахненко. Первое издание книги вышло в 1995г., второе - в 1996г. и третье, рекомендованное Министерством общего и профессионального образования РФ в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по гуманитарным специальностям, в 1997 году. Кроме того, при написании курса использованы лекции автора на пленарных заседаниях конференции Соросовских учителей. 1998г. – "Самоорганизация и перестройки (частный случай теории катастроф) на физическом, химическом, биологическом и социальном уровне" и 1999г. – "Влияние фундаментальных физических констант на химические и биологические процессы", краткое содержание опубликовано в виде статьи "Фундаментальные константы химии и биологии" в Российском химическом журнале (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева), 2000 г., Т.44, вып. 3, с.3-6. В связи со сказанным, также как и упомянутая книга, курс лекций предназначен *не только для студентов и в чем-то даже не столько для студентов, сколько для преподавателей* (как средних школ, так и вузов), ведущих соответствующий курс, и должен способствовать их верной ориентации в выборе фундаментальных "концепций" естествознания. В конце книги приведены тесты и ответы к ним, которые, по нашему мнению, являются необходимым багажом человека с высшим образованием. Ссылки, на минимально необходимую литературу для дополнительного чтения, даны непосредственно в тексте лекций и в конце книги. Ознакомившись с этим списком, читатель поймет, что рассчитанный на семестр суммарный объем литературы этого списка превышает разумные нормы восприятия нормального студента даже в случае его исключительного прилежания. В конце концов, все прочитать нельзя и важно не то, сколько человек прочитал, а сколько полезного извлек из этого минимума. Каждой лекции предшествует эпиграф, коим автор старался привлечь внимание читателей на огромный пласт великой гуманитарной культуры без знания которого, по его убеждению, нельзя считаться сколько-нибудь образованным человеком.

Не то, что мните вы, природа:  
Не слепок, не бездушный лик -  
В ней есть душа, в ней есть свобода,  
В ней есть любовь, в ней есть язык...

1836 г. Ф.И. Тютчев

## Лекция 1.

### Дискурсия и интуиция. Критерий очевидности.

#### Проблема научной аксиоматики

Начиная наш курс, в первую очередь, мы должны конкретизировать предмет нашего разговора, то есть то, о чем собственно пойдет речь. Для этого следует хотя бы вкратце остановиться на “языке”, на котором следовало бы с вами общаться. Это чрезвычайно существенно, ибо именно “язык” общения определяет, в ряде случаев, сам предмет исследования.

Человечество в процессе своего развития создало два вида культуры: естественную и гуманитарную. Мы будем говорить в основном только о первой. Язык этой естественной культуры – математика и эксперимент. Поскольку, однако, наш курс предназначен в первую очередь, для гуманитариев, мы сознательно будем избегать при изложении излишней математизации, приводя лишь минимум общедоступных формул.

В естествознании, способ мышления, в первую очередь, логический, рациональный, дискурсивный. Однако, и это очень важно уяснить с самого же начала, построение науки невозможно без своеобразного иррационального мышления – *интуиции*.

*Именно интуиция позволяет высказать в качестве гипотезы ранее неизвестное утверждение, которое потом может быть либо подтверждено, либо опровергнуто. Что же такое интуиция? На первом этапе нам достаточно самого тривиального определения. Интуиция есть прямое угадывание результата.* Заметим здесь же, что результат может оказаться и ложным.

Так, например, на каком-то этапе знаний человечества, интуитивно казалось очевидным, что солнце вращается вокруг нас, расположенных на Земле. Ведь, действительно, наш далекий предок утром выходил из пещеры и видел солнце на горизонте на востоке, днем - у себя над головой, а вечером - на горизонте на западе. Теперь же мы знаем, что истинная картина прямо противоположная. Второй пример вам покажется менее правдоподобным, и тем не менее приведем его именно сейчас, отложив объяснение до соответствующей лекции. Рассмотрим “глобальную” задачу. Предположим, что мы находимся в городе Жмеринка, стоим на перроне вокзала и смотрим на крышу поезда, идущего в Париж. По крыше поезда “Жмеринка-Париж” бежит сын турецко-подданного, рис. 1.



Рис. 1. Поезд “Жмеринка-Париж” движется со скоростью  $v_n$ , скорость тов. Бендера на поезде  $v_b$ . Угадайте, какая скорость тов. Бендера относительно Жмеринского вокзала?

Скорость поезда известна -  $v_n$ , скорость Остапа Ибрагимовича относительно поезда тоже известна -  $v_b$ . С какой скоростью относительно вас движется Остап. Вы скажете, что это примитивная задача из курса школьной физики, и все зависит от того, в какую сторону бежит тов. О. Бендер. Если в сторону движения поезда, то  $V = v_n + v_b$ , если против движения, то  $V = v_n - v_b$ . Просто, но абсолютно не верно! Сейчас не станем объяснять, почему эти простые формулы “школьной” физики, не смотря на то, что они дают в нашей повседневной жизни результат достаточно хорошо совпадающий с экспериментом, тем ни менее являются абсолютно не правильными. Дело здесь, конечно, не в личности Великого комбинатора, а в том, что хорошее, даже сколь угодно хорошее совпадение с экспериментом не означает еще истинности. Пожалуй, здесь уместно пояснить, почему та или иная концепция становится понятной человеку или даже интуитивно “очевидной”, как бы *a priori*. Это происходит в том случае, если отношение характеризующего концепцию параметра  $K$  к величине  $L$ , соответствующего жизненному опыту, становится порядка или меньше единицы ( $K/L \leq 1$ ). В противном случае концепция кажется нам абсурдной или, по крайней мере, непонятной. Пояснить сказанное можно следующими примерами. Пока человек мыслил расстояниями “от меня до следующего села”, т.е. порядка несколько десятков километров, представление о шарообразности Земли (радиус Земли 6400 км) вызывало значительные затруднения. И это несмотря на то, что еще на рубеже 3-2 в до н.э. В Египте александрийский ученый Эратосфен Киренский (276-194 гг. до н.э.) достаточно точно измерил радиус Земли по разнице в отклонении тени в Александрии и Луксоре в день летнего солнцестояния. Характерно, что Колумб имел существенно заниженное представление об этой величине. Именно поэтому рассчитывал обогнуть земной шар и приплыть в Индию так быстро. Как видим, иногда и ошибка приводит к открытиям.

Второй пример - неправильность вышеобсуждаемой формулы сложения скоростей. Проблема заключается в том, что наш житейский параметр - скорость, порядка скорости машины, самолета и даже ракеты ( $\leq 10^2$  м/сек) значительно меньше скорости света ( $c \approx 3 \cdot 10^8$  м/сек). Последний характерный пример связан с кажущейся парадоксальностью закономерностей микромира. Здесь проблема в том, что наш жизненный параметр - частота пульса 60 уда-

ров в минуту, т.е.  $1 \text{ гц}$  - по крайней мере, на 16 порядков меньше "мира" атомных частот ( $10^{16} \text{ гц}$  для оптического излучения и  $10^{19} \text{ гц}$  для рентгеновского и гамма-излучений).

Теперь следует остановиться на некоторой, хотя бы самой простой, научной аксиоматике. То есть на том базисе, тех критериях, которые, с одной стороны, будут характеризовать науку, с другой стороны, отделять ее от гуманитарной культуры и религии, в первую очередь. Кроме того, по нашему мнению, данная научная методология может быть полезна и в повседневной жизни, ибо человек, привыкший мыслить точно и логично, видит абсурдное и тенденциозное утверждение даже в том случае, если оно замаскировано самой изощренной демагогией.

**Аксиома 1. *Sine ira in studio.*** Что означает: *без гнева и пристрастия*. В более широком смысле - для постижения научной истины не имей предвзятого мнения и подвергай все сомнению.

Ясно, что эта аксиома четко ограничивает научное мышление от религиозного, реконструктивно-пророческого.

**Аксиома 2.** Так называемый "принцип бритвы" Уильяма Оккама. *Не множишь сущностей без необходимости*, т.е. объясняй факты простейшим способом. Фактически это означает, что при выборе между двумя теориями предпочтение должно отдавать той, которая базируется на меньшем количестве аксиом, принципов или положений, или допущений.

В дальнейшем мы продемонстрируем "работу" этой аксиомы на важных концептуальных принципах, а пока приведем лишь один пример.

В VI веке до н.э. Пифагор высказал идею о сферической Земле, находящейся в центре сферической Вселенной. Для удовлетворительного экспериментального подтверждения геоцентрической гипотезы Клавдию Птолемеем во II веке н.э. потребовалось немало изобретательности. Чтобы, в частности, сохранить круговое движение, отвечающее максимальной симметрии и античному представлению о гармонии и эстетическом совершенстве, пришлось ввести так называемые *эпициклы*. В модели Птолемея все планеты, кроме Земли (а также Солнце и Луна), движутся равномерно по круговым орбитам и центр каждой сам движется вокруг Земли равномерно и тоже по круговой орбите, называемой *дифферентом* (или же еще по одной круговой орбите, центр которой тоже движется вокруг Земли). Таким образом, Вселенная Птолемея представляла собой набор взаимопересекающихся вращающихся сфер. В итоге для удовлетворительного совпадения с экспериментом Птолемею потребовалось 77 эпициклов и дифферентов. Несмотря на то, что в античные времена были и сторонники гелиоцентрической системы, такие как Аристарх Самосский и Архимед Сиракузский, система Птолемея, освященная католической церковью, просуществовала полторы тысячи лет.

Переход к геоцентрической системе, совершенный Коперником в XVI веке, также основывался не на эллиптических, а на круговых орбитах планет. Поэтому, опять-таки, для удовлетворительного совпадения с экспериментом Копернику потребовалось, проделав гигантскую вычислительную работу, остановить эпициклы и дифференты, но всего 34! Такое уменьшение сущностей сразу показало, что гелиоцентрическая система лучше, потому что проще, и она сразу же приобрела ряд сторонников.

**Аксиома 3. Сформулированная на основе интуиции-догадки гипотеза должна быть проверена экспериментально.**

В связи с этим следует заметить, что важнейшим и принципиальным для всей науки является интуитивное суждение *о достаточности опытной проверки, о доказательности опыта*, который сам по себе всегда с неизбежностью ограничен. Строго говоря, такое интуитивное суждение называется *интуицией-суждением* (которое не сводится к каким либо аксиомам, так как само оно и имеет характер аксиомы), в отличие от *интуиции-догадки*, являющейся порождением гипотез. Обе эти различные интуиции не что иное как две разновидности сверхсознания человека. Так что известное высказывание "практика - критерий истины" взято человечеством на вооружение в качестве аксиомы еще со времен древней Греции, когда впервые в европейской цивилизации возникло представление о законе природы. Именно представление о наличии законов природы имело далекоидущие последствия в развитии науки и техники для европейской цивилизации. Следует отметить, что для ряда других цивилизаций такого представления не существовало, поэтому даже впервые эмпирически найденные данные (например, порох, компас и т.д.) не рассматривались с точки зрения закономерностей, и передавались из поколения в поколение как некий клановый секрет.

**Аксиома 4. Экспериментальные факты должны быть достоверными, т.е. воспроизводимыми.**

В связи с этим медицинская практика Кашпировского не имеет отношения к науке, так как эксперимент от случая к случаю непредсказуем, в то время как традиционная медицина гарантирует воспроизводимый результат, хотя и с долей процента риска и успеха.

**Аксиома 5. Теория должна строиться только на достоверных фактах.**

Результат построения теории, особенно в социально-политической сфере, основанный на непроверенных фактах, нам хорошо известен. Огромное здание научного коммунизма рухнуло, предварительно катком пройдя по судьбам и жизням нескольких поколений людей во всем мире.



*Философы полагают, что факты рождают идеи и в некотором смысле это верно.*

*Но я нахожу в истории естествознания следующее: для того, чтобы понимать факты, необходимо иметь в голове определенные идеи и что глазами можно не увидеть того, что увидит разум.*

Ю. Либих

## Лекция 2.

### **Концепция дискретности и континуальности в описании природы. Структурные уровни организации материи. Роль фундаментальных мировых констант**

Еще в античные времена были сформулированы две взаимно исключаящие друг друга гипотезы о внутреннем строении тел. Согласно первой, вещество непрерывно состоит из одного или нескольких “первичных” элементов. Вторая гипотеза утверждала, что все вещества состоят из неделимых далее частиц – атомов.

Это расхождение имело принципиальное значение и для теории познания, и для науки в целом. Если материя непрерывна, то задачи исследования существенно сужаются (делить что-либо на элементарные части не нужно, все равно получим то же вещество с теми же свойствами). Если же верна вторая гипотеза, то задачей исследователей является изучение свойств этих атомов и ответа на вопросы: как они скрепляются при образовании различных веществ? Попутно возникает еще одна проблема. Если мы начнем делить вещество на части, то до какого момента оно сохраняет свои свойства? Если обратить эту задачу, то фактически это означает: сколько надо взять атомов (или молекул) вещества, чтобы оно проявляло известные нам свойства. Эта проблема в каком-то смысле аналогична древней философской проблеме “кучи” (зерно и зерно – два зерна, еще одно зерно – три зерна..., а когда куча?).

Продлившись более 2500 лет, спор между гипотезами разрешился только в начале XX века признанием атомистической концепции, подтвержденной после открытия в 1896 году В.К. Рентгеном “его лучей” и осуществлением с их помощью уже в нашем веке Лауэ и Брэггами дифракции на атомно-кристаллической структуре.

Сейчас, когда мы со школьной скамьи знаем и про атомы, и молекулы, и много чего другого про них, сама проблема атомизма может показаться очень уж тривиальной. На самом деле она глубже, чем обычно о ней говорят на популярном уровне и сводится не только, и даже не столько, к атомизму, сколько к проблеме дискретного описания материи, а значит ее свойств. Да и вряд ли глупеяда высоких умов, начиная с античности, занималась столь тривиальной проблемой? Приведем краткую историческую справку. Атомистами были Анаксагор, Левкипп, Демокрит, Эпикур. Им противостояли Сократ, Пла-

тон, Аристотель. В средние века под влиянием фактически канонизированного учения Аристотеля “атом” исчезает из употребления. В новое время первые корпускулярную теорию строения материи развил Р. Бойль, введя понятие “химического элемента как простого тела, не состоящего из других”. Далее свой вклад внесли М.В. Ломоносов, А. Лавуазье, Д. Дальтон, А. Авогадро. На великой гипотезе Авогадро мы сейчас и остановимся. Дело в том, что в 1808 году Гей-Люссак нашел закон простых объемных отношений. Например, два литра водорода и один литр кислорода дают два литра водяных паров. Этот факт ( $2+1=2$  ?) не находил объяснения в атомистической теории, предложенной в 1803 году Дальтоном. И вот, для спасения атомистической теории, Авогадро в 1811 году выдвинул гипотезу, разбившую это противоречие. Для этого ему потребовалось ввести новое понятие - молекулы как соединения атомов. (Обратите внимание, все это было высказано в то время, когда гипотезой являлось еще само существование атомов!) Далее он предположил, что число этих новых “сущностей” - молекул всегда одно и то же в одинаковых объемах любых газов и всегда пропорционально объему. Отсюда он сделал вывод (закон Авогадро): при одинаковых давлении и температуре равные объемы любых газов содержат одно и то же число структурных элементов (это либо атомы, если газ одноатомный, либо молекулы, если газ многоатомный), и это *число Авогадро*  $N_A = 6,0227 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup> (в дальнейшем нам существенен именно порядок этой величины, а не ее размерность – моль<sup>-1</sup>). Гипотеза Авогадро закрепила, по существу, в науке представление о дискретном строении вещества, хотя официальное признание самой гипотезы пришло только на I Международном конгрессе химиков в 1860 году, спустя 4 года после смерти автора, а само  $N_A$  было вычислено впервые Лощмидтом в 1865 году. Важно также и следующее, что еще в XIX веке возникает новое понятие – *количество вещества*, и уже в XX веке становится понятным, что *число Авогадро является, по существу, достаточным условием макросостояния*. Необходимого условия мы не знаем. Для каких-то объектов это может быть миллион структурных элементов, а для других может и всего 1000, но определенно знаем, чего бы мы не взяли в количестве  $N_A$ , это всегда макрообъект (т.е. “куча”).

Подводя итог, имеет смысл привести высказывание Нобелевского лауреата Р.Фейнмана, считавшего, что атомистическая гипотеза - это именно то, что следует взять с собой, если в будущем человечеству предстоит забыть все остальные знания.

Наши современные знания дают следующее представление об иерархической структуре материи. В микромире из кварков “состоят” протоны и нейтроны, которые в свою очередь формируют ядра атомов. Атомы могут комбинироваться в молекулы. Из этих материалов состоят привычные нам макроскопические тела. Если двигаться вверх по шкале масштабов, то мы должны выделить мегамир: планеты и их системы, звездные скопления, затем

галактики, которые в свою очередь объединяются в скопления и сверхгалактики. Микро-, макро- и мегаразмы объектов относятся друг к другу примерно так: макро/ микро  $\approx$  мега / макро .

В рамках нашего курса мы должны охарактеризовать не только каждый из этих иерархических уровней, но и также посредством чего осуществляется та или иная иерархия. Что является своеобразным “клеем”, делающим возможным существование этих уровней? Оказывается, что в роли такого “клеящего вещества” выступают определенные константы, часто их называют фундаментальными мировыми константами. Как мы увидим, этих фундаментальных констант в физике, химии и биологии не так уж и много. В настоящее время нам понятно, что сравнительно небольшое их изменение должно привести к формированию качественно иного мира, в котором, в частности, стало бы невозможным образование ныне существующих микро-, макро-, и мегаструктур, а следовательно, и высокоорганизованных форм живой материи. Проблема фундаментальных констант приобретает, таким образом, в концептуальном плане, глобальное мировоззренческое значение.

*Невозмутимый строй во всем,  
Созвучье полное в природе,  
Лишь в нашей призрачной свободе,  
Разлад мы с нею создаем.*

1865 г. Ф.И. Тютчев

### Лекция 3.

#### Законы сохранения как следствие симметричных свойств пространства и времени

В этой и двух последующих лекциях мы постараемся продемонстрировать “работу” второй аксиомы на ряде очень важных концептуальных примеров.

Остановимся сперва на двух, в большей степени для нас вспомогательных, понятиях: однородности и изотропности. Определим их по отношению к пространству.

1. Пространство называется *однородным*, если свойства его не меняются *при любом параллельном переносе*.

2. Пространство называется *изотропным*, если свойства его не меняются *при любом повороте*.

Таким образом, отличие двух определений в существенно разном наблюдении над пространством. В первом случае надо двигаться трансляционным путем, во втором необходимо поворачивать траекторию наблюдения. Заметим здесь же, что однородное и изотропное пространства обладают максимально возможной симметрией.

Представим теперь, что мы запускаем в пустыню двух агентов, муравья и верблюда. Пустыня для определенности вся состоит из песка, т.е. это что-то типа Сахары, на худой конец подойдет и Иудейская, хотя в ней и мало песка. Какую же информацию об однородности и изотропности дадут нам два наших агента?

Муравей, проползав параллельными курсами и ощущая своими маленькими ножками разные размеры песчинок, доложит, что пустыня неоднородная, но поскольку видит он на небольшое расстояние, сравнимое с его размерами, он повсюду видит одинаковую плотность песка, поэтому утверждает, что она изотропная.

Верблюд своими большими ногами не чувствует размера песчинок, поэтому считает, что пустыня однородна, но он видит достаточно далеко, на расстояние значительно большее его размеров, поэтому, повертев головой, с одной стороны видит бархан, с другой - его нет и поэтому докладывает нам, что пустыня не изотропна. Таким образом, два наших агента (каждый из которых по условиям задачи абсолютно правдив) представили нам совершенно противоположную информацию. Этот пример приводит нас к достаточно общему положению.

*Любую информацию мы получаем "с точностью до агента".*

На самом деле даже не столь уж важно, "правдив" агент или нет; принцип остается в силе. Агентами могут быть любые источники информации, начиная от людей и рукописей, до приборов, участвующих в эксперименте. Возникает вопрос, а есть ли объективные агенты? Если есть, то кто или что это? Поскольку дело касается научных данных, то на поставленный вопрос можно ответить утвердительно. Такие агенты существуют и это *законы природы*. Именно они являются объективными агентами.

Данное утверждение проще всего выяснить следующим образом.

Давайте вспомним, сколько исходных аксиом, т.е. физических законов нам нужно, чтобы решать школьные задачи по механике. Во-первых, это три закона Ньютона, во-вторых, три закона сохранения: закон сохранения механической энергии, закон сохранения импульса и закон сохранения момента импульса.

Закон сохранения энергии - суммарная величина потенциальной и кинетической энергии - константа, т.е. сохраняется  $E = mgh + mv^2/2$ . Закон сохранения импульса - сохраняется величина  $P = mv = \text{const}$ . Закон сохранения момента импульса - сохраняется величина  $L = [rP] = \text{const}$ . ( $L$  - это векторное произведение двух векторов  $r$  и  $P$ ).

Таким образом, в Ньютонском формализме всего шесть исходных аксиом. Здесь мы специально не останавливаемся пока на законе тяготения. Существуют другие формализмы механики, например, формализм Лагранжа. В нем исходными являются всего две аксиомы.

Здесь мы специально не останавливаемся на их формулировке, так же как ниже не приводим уравнений Лагранжа и вывода из них законов Ньютона и законов сохранения, поскольку это потребовало бы от нас чрезмерно математизировать изложение.

Приняв за основу всего лишь две аксиомы Лагранжа (вместо 6-ти в Ньютонском формализме), мы, согласно аксиоме 2, должны получить либо принципиально более правильное представление, либо нечто совершенно новое в награду за использование меньшего количества “сущностей”. Действительно, в формализме Лагранжа путем соответствующих математических преобразований можно получить не только законы Ньютона, но (и именно это и важно для нас) все три закона сохранения. Причем каждый из законов сохранения теперь является не аксиомой (как в формализме Ньютона), а *следствием* тех или иных свойств *времени или пространства*, а если точнее, то *следствием той или иной симметрии времени и пространства*. Конкретно: *закон сохранения энергии есть следствие однородности времени, закон сохранения импульса - следствие однородности пространства, закон сохранения момента импульса - следствие изотропности пространства*. Указанные три закона сохранения как раз и являются теми объективными агентами, которые отвечают на вопросы об однородности или неоднородности времени, пространства и об изотропности или нет последнего. То есть там, где закон сохранения механической энергии выполняется, время течет однородно, и наоборот, там, где время течет неоднородно, энергия неведь откуда может возникнуть или пропасть. Аналогично и относительно однородности пространства. Сохранение импульса - гарантия однородности, а момента импульса - изотропности пространства.

Таким образом, на примере перехода от формализма механики Ньютона к формализму Лагранжа, мы убедились, что использование меньшего количества сущностей привело нас к новым знаниям. Кроме того, даже на таком простейшем примере мы убедились, что свойства *симметрии* чрезвычайно важны для “осуществления” законов природы и, в частности, для сохранения тех или иных физических величин. В дальнейшем мы каждый раз специально будем останавливаться на том, что происходит с симметрией при осуществлении того или иного закона, ибо *симметрия - это тоже своеобразный язык природы*.

Следует пояснить, хотя бы качественно, понятие симметрии. В том случае, когда состояние “системы” (это может быть материальный объект, процесс или уравнение) не меняется в результате какого-либо преобразования, которому она может быть подвергнута, говорят, что “система” обладает симметрией относительно данного преобразования. В нашем кратком курсе мы не можем более подробно характеризовать различные виды симметрии, приведем лишь несколько примеров, важных для дальнейшего изложения.

**Первый пример.** Мы интуитивно понимаем, что неоднородное пространство обладает меньшей симметрией по сравнению с однородным. Аналогично, переход от изотропного пространства к неизотропному также сопровождается уменьшением симметрии. **Второй пример.** Мы должны договориться, что хаотическое состояние, обладающее минимальным порядком, более симметричное состояние, нежели упорядоченное. Приведем пример. Представьте себе сосуд, разделенный подвижной перегородкой. В одной части сосуда какой-то газ. Резко вытаскиваем перегородку. В первый момент времени ваша система упорядочена. В одной части газ, в другой его нет. По прошествии времени газ распространяется на весь сосуд. Это второе состояние, полностью неупорядоченное, максимально хаотическое и обладает большей симметрией по сравнению с первоначальным. **Третий пример.** Есть две системы, в одной - поровну левосторонние и правосторонние винтики, во второй системе, например, только левосторонние. Какая из систем обладает большей симметрией? Ответить легко, если представить мысленно, что у нас есть еще и третья система, в которой только правосторонние винтики. Тогда ясно, что первая система, в которой и тех и других поровну более симметрична, чем каждая из двух других. Представленные примеры в дальнейшем будут нам очень нужны для объяснения чрезвычайно важных закономерностей.

*Движенья нет, сказал мудрец брадатый.  
Другой смолчал и стал пред ним ходить.  
Сильнее бы не мог он возразить;  
Хвалили все ответ замысловатый.  
Но, господа, забавный случай сей  
Другой на память мне приводит:  
Ведь каждый день пред нами солнце ходит,  
Однако ж прав упрямый Галилей.*

1825 г. А.С. Пушкин

#### Лекция 4.

**Пространственно-временной континуум как следствие фундаментальной константы - скорости света**

Перейдем теперь к не столь очевидным вещам. Сперва маленькая историческая справка. В 50-х годах XIX века Джеймс Клерк Максвелл на основе неправильной модели вывел четыре знаменитых уравнения. Эти уравнения Максвелла прекрасно описывают все законы электромагнетизма, полученные ранее на основе многочисленных экспериментальных данных. Т.е., все законы электромагнетизма, известные ранее и рассматриваемые как аксиомы, могут быть получены путем соответствующих математических преобразований всего лишь из четырех уравнений. К чему же в данном случае приводит

уменьшение “сущностей”? Чтобы ответить на этот вопрос, продолжим нашу историческую справку. Очень скоро физики заметили что уравнения Максвелла не удовлетворяют так называемым преобразованиям Галилея:

$$X = x\Phi + v_0 t, \quad t = t\Phi, \quad (1)$$

здесь  $X$  - координата тела в неподвижной системе координат (например, координата Остапа Бендера, бегущего по движущемуся поезду, относительно неподвижного наблюдателя, стоящего на перроне Жмеринского вокзала),  $x\Phi$  - координата тела в движущейся системе координат (т.е. координата Остапа, “привязанная” к поезду, иными словами, номер вагона и положение на самом вагоне),  $v_0$  - скорость движущейся системы отсчета (в нашей задаче это скорость поезда в направлении оси  $x$ ). Соответственно, время  $t$  в неподвижной системе совпадает с временем  $t\Phi$  в движущейся. Из приведенных формул легко получить ту, неправильную формулу, которой мы пользовались при решении глобальной задачи о скорости тов. Бендера, бегущего на поезде “Жмеринка-Париж”. Действительно, разделив первое уравнение на  $t$ , получим:

$$V = v\Phi + v_0, \quad (2)$$

таким образом, в новых обозначениях  $v\Phi = v_B$ , а  $v_0 = v_n$ .

Если уравнения Максвелла не удовлетворяют “интуитивно очевидным” преобразованиям Галилея (ведь формула (2) считалась нами очевидной), то возникает вопрос. Каким другим “неочевидным” преобразованиями они удовлетворяют и какая “неочевидная” формула для сложения скоростей должна получаться из этих не галилеевых преобразований?

Анализируя математическую структуру уравнений Максвелла, Хендрик Лоренц и Анри Пуанкаре получили эти “неочевидные” преобразования:

$$X = (x\Phi + v_0 t) / (1 - v_0^2/c^2)^{1/2}, \quad t = (t\Phi + v_0 X/c^2) / (1 - v_0^2/c^2)^{1/2}. \quad (3)$$

Позднее было выяснено, что в этих новых, “неочевидных” преобразованиях, названных впоследствии именем Лоренца, величина  $c$  - это скорость света ( $c \cong 3 \cdot 10^8$  м/сек). Из преобразований Лоренца следует “неочевидная” формула для сложения скоростей:

$$V = (v\Phi + v_0) / (1 + v\Phi v_0/c^2), \quad (4)$$

Совершенно ясно, что если  $v_0 \ll c$ , то преобразования Лоренца переходят в преобразования Галилея, а “неочевидная” формула (4) в очевидную формулу (2). Так что же все-таки истинно, “очевидное” (1) и (2), или “неочевидное” (3) и (4)?

На первый взгляд кажется, что преобразования Лоренца и следующий из них закон сложения скоростей - полный абсурд. На самом деле, ведь если нас интересует координата бегущего Остапа -  $X$ , то непонятно, причем здесь оказывается скорость света в первой формуле (3)? Со временем еще хуже, согласно второй формуле (3), время не только зависит от того движется наблюдатель или покоится, но оказывается, что еще и от его местоположения  $X$  и, опять-таки, от скорости света, что совсем уже непонятно. Непонятна и фор-

мула (4). Почему при решении такой простой кинематической задачи, как О.Бендер, бегущий по крыше поезда, следует учитывать скорость света?

На самом деле перечень “непонятностей” этим еще не исчерпывается. Из преобразований (3) Лоренц непосредственно получил еще два, уж совершенно “абсурдных” результата. Оказывается, что линейные размеры тела вдоль направления движения сокращаются по сравнению с теми, какие они для неподвижного тела, а время в движущейся системе замедляется:

$$\Delta x' < \Delta X, \quad \Delta t' < \Delta t. \quad (5)$$

Эти лоренцевские результаты (сокращение расстояния и замедление времени) являлись вопиющим противоречием к взглядам сложившимся к началу XX века. Поэтому, несмотря на то, что они следовали из абсолютно правильной системы уравнений Максвелла, никаких дальнейших концептуальных выводов сразу же сделано не было. Слишком сильно было *пристрастие* к Галилеево-Ньютоновской парадигме - *пространство и время являются абсолютными категориями, существуют сами по себе и не зависят от внешних обстоятельств.*

Теперь полезно упомянуть об одном анекдотичном факте. В конце прошлого века, тогда еще молодой человек Макс Планк, будучи студентом, пришел к одному из своих профессоров за советом, чем ему заняться. Мастигый профессор не советовал Планку заниматься теоретической физикой, так как считал, что в ней практически все фундаментальные проблемы решены. “Есть правда два маленьких облачка на чистом небосклоне теории. Одно из них - не совсем понятно, *что творится с измерением скорости света*, другое - не совсем ясна *задача с излучением абсолютно черного тела.*”

Прошло совсем незначительное время и два маленьких облачка породили ураганы. Один из них - специальная и общая теории относительности, второй, в создании которого основополагающую роль сыграл сам Макс Планк, - квантовая теория. Ну да начнем по порядку.

“Непонятность” с измерением скорости света заключалась в следующем. Со времен экспериментов Френеля и Юнга, когда впервые для света были установлены такие волновые явления, как интерференция и дифракция, было ясно, что свет обладает волновой природой. По представлениям XIX века любой волновой процесс должен распространяться в какой-либо среде. Для световых волн такой средой считали некий “мифический” (как теперь мы знаем) эфир. Но вот что странно, в отличие от других сред, свойства которых понятны и относительно постоянны, эфир вел себя очень необычно. Для выяснения свойств эфира Майкельсоном, а потом совместно с Морли в 1881-1887годах была проведена серия высокоточных экспериментов на специально сконструированном приборе - интерферометре Майкельсона. Схематически и в очень упрощенном виде (для нашей цели такое упрощение вполне допустимо) этот прибор изображен на рис. 2.



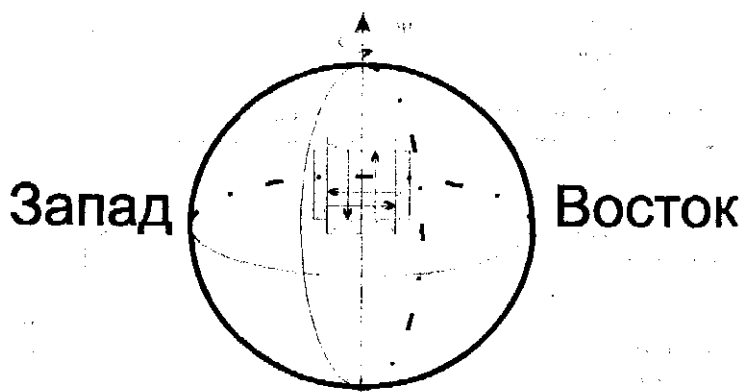


Рис. 2. Интерферометр Майкельсона схематически изображен на поверхности Земли. На свет, распространяющийся по меридиану, вращение Земли никак не сказывается. При распространении света по параллели вращение Земли опять таки на него никак не сказывается, несмотря на очевидный результат задачи о поезде Жмеринка-Париж

Состоит он из четырех зеркал, два из которых, попарно параллельны друг другу. Суть эксперимента заключалась в том, что два параллельных зеркала устанавливались строго по меридиану, а два других - по параллели. Между обоими парами зеркал для измерения скорости света запускался световой зайчик. Вращение Земли никак не сказывается при движении света по меридиану, поэтому его скорость равна  $c$ . При движении по параллели должно, вроде бы, сказываться вращение Земли. При движении света с запада на восток направление скорости света  $c$  совпадает со скоростью вращения Земли  $v$ , поэтому измерение вроде бы должно давать величину  $c + v$ . В обратном направлении, следуя этой логике, должны получить величину  $c - v$ , в полном соответствии с задачей Остапа на презе. Но, и именно это являлось "непонятностью", и в том, и в другом направлении, как и по меридиану, эксперимент давал одну и ту же величину итоговой скорости, равной  $c$ . Чтобы не покусаться на "священную корову" - преобразования Галилея, а значит и формулу (2), физики придумали для эфира целый ряд уникальных свойств ("сущностей"), так, чтобы объяснить экспериментально наблюдаемую скорость. Вот вам и характерный пример игнорирования аксиомы 1. Пристрастие к преобразованиям Галилея было столь сильно, что никто не хотел всерьез обращать внимания, а значит и анализировать с неких других позиций тот факт, что "неправильная формула" (4) при  $v \neq c$ , или при  $v_0 = c$ , всегда

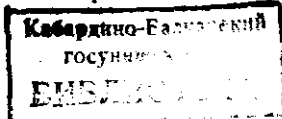
дает для величины результирующей скорости равенство  $V=c$ . Указанное несоответствие было полностью разрешено Альбертом Эйнштейном в 1905 году в работе "К электродинамике движущихся сред". Характерно, что в этой работе Эйнштейн не отрицал в явном виде существования эфира, он просто построил новую концептуальную теорию, а эфир со всеми его "сущностями" просто не упоминал. То есть просто выбросил "по умолчанию". В новой теории потребовалось всего лишь две новые аксиомы (опять переход от многих "сущностей" к меньшему их числу). Во-первых, так называемый принцип относительности, сформулированный впервые А. Пуанкаре в 1885 году - *все физические явления при одинаковых начальных условиях протекают одинаково во всех инерциальных системах отсчета*. Во-вторых, аксиома о скорости распространения взаимодействия - *скорость света конечна и одинакова во всех инерциальных системах отсчета, не зависит от скорости движения источника и является предельной скоростью распространения любого сигнала (взаимодействия)*. Вторая аксиома фактически отражает соблюдение фундаментального физического принципа - принципа причинности. Обе аксиомы были положены А. Эйнштейном в основу специальной (в оригинале частной) теории относительности (СТО), приведшей к глубокому переосмыслению понятий пространства и времени.

Следует отметить, что независимо от Эйнштейна ряд результатов СТО были получены и Пуанкаре, и Лоренцем. Пуанкаре даже опубликовал свои результаты раньше Эйнштейна, но это была публикация в мало известном научном журнале, выходившем в столице Сицилийской мафии городе Палермо. Наверное, поэтому на нее не обратили внимания и впоследствии почти не ссылались. Эйнштейн же, послал свою работу в известный немецкий журнал, и она сразу стала достоянием широкой научной общественности.

После выхода в свет основополагающей работы Эйнштейна (и с учетом результатов работ Пуанкаре и Лоренца по исследованию симметрии уравнений Максвелла) одним из его учителей, Генрихом Минковским, в 1908 году была предложена принципиально новая математическая интерпретация его результатов. В СТО был введен четырехмерный пространственно-временной интервал:

$$R^2 = x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2 \quad (6)$$

Выражение (6) - аналог теоремы Пифагора в четырехмерном пространстве. Последнее слагаемое  $-c^2 t^2$  означает, что т.к. "временное слагаемое" входит со знаком минус, то с математической точки зрения время - мнимая величина, и что скорость света задает фиксированную скорость обмена времени на длину. Заметим здесь же, что эта геометрическая интерпретация первоначально очень не понравилась Эйнштейну и была им отвергнута.



267/71

но спустя, несколько лет, он с радостью воспринял ее для достижения других, еще более интересных результатов.

Далее СТО строится, исходя из того, что этот интервал (6) при любых преобразованиях координат и времени остается постоянным. Такие преобразования могут быть описаны как повороты четырехмерной системы координат. Это и есть *симметрия Лоренца-Пуанкаре*, полученная из анализа математической структуры Уравнений Максвелла. В итоге, как мы знаем, получаются преобразования Лоренца, где, кстати, наглядно видно (см. второе соотношение формулы (3)), что время  $t$  и пространство  $X$ , не являются независимыми. При  $c \rightarrow \infty$  пространство и время существовали бы независимо друг от друга. Потребовался гений Эйнштейна, чтобы полностью осознать эту связь и понять, что *пространство и время не существуют независимо друг от друга, они неразрывно связаны между собой посредством определенной симметрии*, и эта симметрия Лоренца-Пуанкаре - не просто абстрактная математика, она *происходит* в реальном мире, осуществляясь *через движение*. Теперь ясно, что существование четырехмерного пространственно-временного континуума является следствием конечности скорости любого взаимодействия, которое ограничено сверху скоростью света.

Таким образом, стала ясна и принципиальная неправильность формулы (2), не учитывающей пространственно-временную зависимость, и многие другие, на первый взгляд противоречащие здравому смыслу эффекты, как например, сокращение расстояния и замедление времени. Кроме того, фундаментальным достижением СТО явилась знаменитая формула, связывающая массу и энергию:

$$E = mc^2 \quad (7)$$

Удивительно, но эту формулу за 15 лет до Эйнштейна получил Оливер Хевисайд. Впрочем, это далеко не единственный результат Хевисайда, намного опередивший свое время, который был получен им из неизвестных нам соображений.

Специально обратим внимание на то, что урок, преподнесенный Лоренцем и Пуанкаре, состоит в том, что математическое исследование, в особенности на основе анализа симметрии, может стать источником выдающихся достижений в науке. *Даже если математическую симметрию невозможно представить наглядно, она может указать путь к выявлению новых фундаментальных принципов природы*. Ниже, при изложении материала, мы каждый раз специально будем останавливаться на значении той или иной симметрии, определяющей фундаментальные закономерности в неживой и живой природе.

*Блажен, кто посетил сей мир  
В его минуты роковые!  
Его призвали всеблагие  
как собеседника на тир.  
Он их высоких зрелищ зритель,  
Он в их совет допущен был -  
И заживо, как небожитель,  
Из чаши их бессмертье пил!*  
1830 г. Ф.И. Тютчев

### Лекция 5.

#### Геометрия пространства-времени. Гравитация как следствие геометрии в парадигме Эйнштейна

Важнейшим следствием СТО является замена абсолютных пространства и времени на новую физическую сущность - единое пространство Минковского ( $g,t$ ). Однако и это пространство является, по существу, экстраполяцией классического трех мерного пространства на четыре измерения и имеет поэтому абсолютный пассивный характер, т.е. не оказывает обратного воздействия на физические процессы, протекающие в нем.

Характерно, что пространство Минковского евклидово, плоское (имеет нулевую кривизну). И это понятно, т.к. в СТО рассматриваются только инерциальные системы отсчета (движущиеся прямолинейно и равномерно друг относительно друга), на которые не действуют никакие внешние силы. Именно поэтому пространство Минковского - определенная физическая абстракция, т.к., например, от силы гравитации Ньютона нельзя защититься никаким экраном.

Теперь мы переходим к менее известной истории - открытие Эйнштейном общей теории относительности (ОТО). Самым поразительным фактом, с точки зрения теории познания, здесь является, пожалуй то, что *искал Эйнштейн одно, а нашел совершенно другое*. И если СТО могли, в принципе, создать и другие исследователи (по крайней мере к основным результатам СТО подошли одновременно и независимо и Пуанкаре, и Лоренц), то создать новую теорию гравитации, судя по всему, мог только гений Эйнштейна (впрочем, возможно, и Гильберт).

Для многих исследователей творчества Эйнштейна долгое время оставалось загадкой, каким образом он перешел от СТО к ОТО в промежутке между 1905 и 1916 годами. Эта загадка была прояснена Альфредом Кастлером на конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Эйнштейна (Иерусалим, 1979 год). Была, оказывается, промежуточная стадия, связанная со *счастливым случаем*. Эта малозвестная и труднодоступная до сих пор работа была опубликована на немецком языке в "Ежеквартальном журнале судебной медицины и здравоохранения". Статья отражает поисковую фазу исследования и была посвящена юбилею друга Эйнштейна, врача по специальности.

В этой “судебно-медицинской” статье Эйнштейн анализирует поведение света в гравитационном поле. Использует при этом он все еще (что естественно в 1909 г.) ньютоновскую теорию гравитации. Поскольку ранее, в СТО, он обнаружил, что масса представляет собой новую компоненту энергии формула (7), ясно то, что именно эта энергия связана с гравитацией, т.е. служит как бы гравитационным зарядом. Далее Эйнштейн приходит к выводу, что хотя луч света, несущий только импульс и угловой момент, не имеет массы, он тем не менее несет энергию, а именно кинетическую энергию. Поэтому он должен падать в гравитационном поле, то есть притягиваться и отклоняться (рис. 3). (Это только часть результата, который он получит в новой теории гравитации в 1916 году.) Отклонение, рассуждал он дальше, предполагает изменение скорости света, которая должна приобрести боковую компоненту, - поэтому свет должен ускоряться в своем движении к источнику гравитации и замедляться после того, как его минует. И вот здесь перед нами явный случай необычного везения.

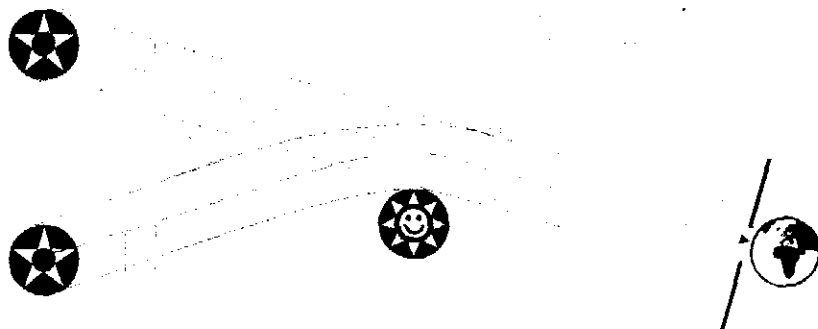


Рис. 3. Проходя вблизи Солнца, луч света от звезды заметно отклоняется из-за вызванного Солнцем искривления пространства.

В итоге наблюдаем в Жмеринке положение звезды на небе смещено относительно своего реального положения

Да, но как быть со “со священной коровой” - постоянством скорости света, провозглашенной им самим же четырьмя годами ранее? Дальше хуже, если свет все-таки отклоняется, то тогда возникает трудный парадокс, связанный с пониманием энергии и массы. И вот именно теперь Эйнштейн с радостью воспринимает геометрическую интерпретацию Минковского, которая единственная может быть решением проблемы гравитации и при этом сохранить его предыдущую парадигму о предельной скорости любого взаимодействия. Не будучи очень сведущим в геометрии, Эйнштейн обращается к своему бывшему однокашнику по университету Марселю Гроссману для выяснения, существуют ли кроме Евклидовой другие, причем четырехмерные,

геометрии, в которых теорема Пифагора содержала бы непостоянные коэффициенты. Поскольку он понимает, что именно с непостоянными коэффициентами пространственно-временной континуум Минковского будет описывать искривленное пространство-время, а именно это и требуется для изгиба луча света. Гроссман ответил утвердительно, указав на геометрию Гаусса и Римана, представляющие геометрии искривленных пространств. С этого момента Эйнштейн сосредоточил свои усилия на создании новой геометрической теории гравитации - то есть совсем не на той цели, которую он поставил перед собой первоначально. Вот, собственно, и вся малоизвестная история о промежуточной работе между СТО и ОТО.

Дальнейшие рассуждения схематически можно представить следующим образом. Поскольку напряженность гравитационного поля существует в любой точке пространства, то исключить ее влияние можно лишь ускоренным движением тела. Поскольку основным свойством поля тяготения является одинаковость ускорений тел в поле данной гравитационной напряженности, вне зависимости от их масс, то отсюда Эйнштейн приходит к выводу о тождестве инерционной и гравитационной масс. Это и есть *принцип эквивалентности инертной и гравитационной масс, являющийся аксиомой общей теории относительности и не требующей экспериментальной проверки.*

Поскольку для описания гравитационных сил надо отказаться от представления о плоском пространстве Евклида и перейти к какой-то геометрии искривленного пространства, надо, чтобы она чем-то определялась. Следовательно, надо *отказаться от независимости свойств пространства и времени от распределения масс.*

Обобщая эти два соображения, Эйнштейн декларирует *новую парадигму - гравитационное поле является не чем иным, как изменением геометрических свойств пространства-времени, которое, в свою очередь, определяется распределением масс.* Причем основные законы природы имеют для двух наблюдателей, движущихся произвольным образом и использующих произвольные, непрерывно преобразуемые одна в другую системы координат, одинаковый вид. Или проще, *законы природы имеют одно и то же выражение, пригодное для любого наблюдателя.* Сформулированный таким образом общий принцип теории относительности содержит в себе в определенном смысле абсолютное знание.

Остается выбрать геометрию, гиперболическую или эллиптическую. Для первой сумма углов треугольника  $<180^\circ$ , для второй  $>180^\circ$ . Для первой отношение длины окружности к диаметру  $>\pi$ , для второй  $<\pi$ . Поясним это на простейшем примере эллиптической геометрии К. Римана.

Рассмотрим поверхность сферы (аналог плоскости в геометрии Евклида) (рис. 4). "Прямыми линиями", т.е. кратчайшим расстоянием между двумя точками здесь являются дуги. Линии А и В (они перпендикулярны экватору) пересекаются в полюсе N, таким образом, сумма углов сферического треугольника АВN будет

$>180^\circ$ . В плоскости экватора отношение длины окружности к диаметру  $L/d=\pi$ . На сфере для этой же окружности диаметром (наискратчайшее расстояние между противоположными точками) будет дуга  $CND$ , которая, естественно, больше, чем диаметр экваториального круга  $CD$ . Таким образом, для сферической геометрии отношение длины окружности к диаметру  $L/D < \pi$ .

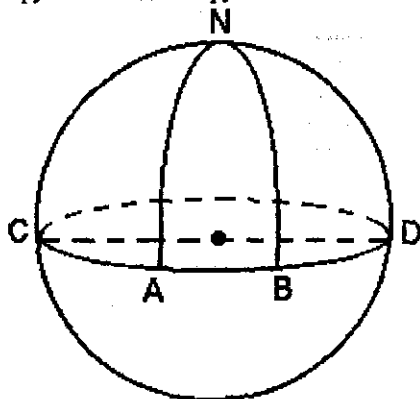


Рис. 4. Иллюстрация метрических соотношений геометрии Римана (сфера) и Евклида (плоскость)

Рассмотрим теперь нарушение евклидовой метрики в неинерциальной системе отсчета. Пусть окружность равномерно вращается относительно своего центра. При вращении все элементарные части длины окружности испытывают лоренцевское сокращение, диаметр при этом не меняется, таким образом, вся длина вращающейся окружности меньше, чем неподвижной. Следовательно, для вращающейся окружности (это неинерциальная система отсчета) отношение длины окружности к диаметру  $l/d < \pi$ , и, значит, геометрия такого пространства эллиптическая. Аналогично и со временем. В ОТО указанные эффекты обусловлены распределением масс в пространстве, которые и определяют его геометрию. Оба эффекта нашли свое экспериментальное подтверждение. Первый - при искривлении траектории луча света, идущего от звезды и проходящего вблизи Солнца. В новой парадигме луч движется по своей естественной траектории - "геодезической линии", являющейся в данном пространстве наискратчайшим расстоянием. Второй - луч света при распространении в пространстве будет вблизи массы менять частоту, т.е. число колебаний в секунду. Так, при удалении от массивного тела частота будет уменьшаться, а при приближении к нему - увеличиваться. Следовательно, *вблизи гравитирующей массы пространство искривляется, а время замедляется.*

Вернемся опять к рис. 3 и представим, что от звезды идет “трубка” света. Поскольку оба луча света в этой трубке (внешний и внутренний) приходят на Землю одновременно, а путь для внешнего луча длиннее, чем для внутреннего, то становится ясно, что скорость света для внешнего луча больше, чем для внутреннего. Таким образом, Эйнштейн пришел к выводу (только на первый взгляд противоречащему постулату о “постоянстве” скорости света), что *вблизи гравитирующих масс, скорость света меньше, чем вдали от них*. Другими словами, там, где пространство искривлено сильнее, там и скорость света меньше. Максимальная же скорость света соответствует, конечно, плоскому пространству с Евклидовой геометрией.

Движение масс в пространстве также меняет его геометрию. Можно привести предельно наглядный иллюстративный пример, рис. 5. Представьте себе, что на стол вы натянули, жестко закрепив на краях, резиновую скатерть и начертили на ней серию взаимно перпендикулярных линий (Евклидово пространство). Теперь взяли кошку и засунули ее под скатерть. Там, где кошка, скатерть растягивается и вместо прямых вы видите взаимно пересекающиеся дуги. Если под скатертью окажется еще и мышка, то вы заметите, что растяжение, а значит, и искривление первоначальных прямых в том месте, где кошка, больше (это большая гравитирующая масса), нежели там, где мышка (меньшая масса). Дальнейшее изменение геометрических свойств пространства скатерти в процессе передвижения кошки и мышки представить не сложно.

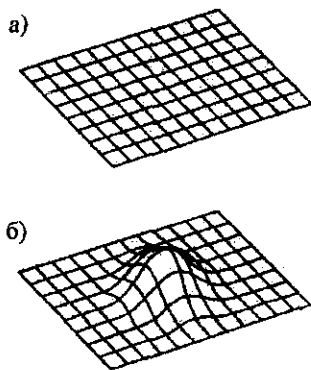


Рис. 5. Плоская и криволинейные поверхности.  
а - ни кошки, ни мышки - евклидова геометрия;  
б - мышка убежала, осталась только кошка  
(одна гравитирующая масса) - геометрия неевклидова



К сожалению, не все результаты ОТО можно представить так наглядно. Перечислим наиболее интересные и важные из них.

Мы только что говорили о уменьшении скорости света при искривлении пространства вблизи гравитирующей массы. Представьте теперь, что масса становится столь большой и искривление столь сильным, что скорость света в этой области пространства становится равной нулю (свет, который по определению всегда движется, вдруг перестает двигаться!). Если это возможно, то свет, залетевший в эту область пространства, из нее выйти не может, т.е. эта область пространства ничего не излучает, становится для наблюдателя черной. При этом образуются весьма своеобразные объекты, получившие название черных дыр (black holes). Посмотрим на это с математической точки зрения.

Согласно ОТО, закон тяготения Ньютона должен быть изменен следующим образом:

$$F_{Эйн} = F_{Ньют} / (1 - 2GM/Rc^2)^{1/2}, \text{ где } F_{Ньют} = GmM/R^2, \quad (8)$$
 где  $G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ сек}^{-2} \text{ кг}^{-1}$  - константа гравитационного взаимодействия, впервые введенная И. Ньютоном в "Математических началах натуральной философии" в 1687 году.

Соотношение (8), строго говоря, справедливо лишь для так называемой метрики Шварцшильда. Отметим различие в двух законах тяготения. При стремлении  $R$  к нулю  $F_{Ньют}$  возрастает, но является константой при любом малом  $R$ . В отличие от этого  $F_{Эйн}$  становится бесконечно большой при так называемом радиусе Шварцшильда:

$$R_{Ш} = 2GM/c^2. \quad (9)$$

При таком радиусе образуется черная дыра. В области черной дыры пространственно-временной континуум столь искривлен, что не только сигнал или объект, попавший в нее не может выйти наружу, а время как бы остановлено. Для Земли радиус Шварцшильда 0, 4 см, для Солнца - 3 км, в то время как их обычные радиусы - 6400 км и  $77 \cdot 10^3$  км, соответственно.

В 1929 году Э. Хаббл экспериментально обнаружил существующее в настоящий момент расширение Вселенной. Скорость разлета галактик друг от друга (по Хабблу) пропорциональна расстоянию между ними:

$$v = HR, \quad (10)$$

где  $H \approx (3 + 5) \cdot 10^{-18} \text{ сек}^{-1}$  - постоянная Хаббла.

Это хаббловское расширение весьма своеобразно. Несмотря на то, что Вселенная расширяется, центра расширения нет! Понять это можно на двухмерной модели. Представьте, что вы немного надули обычный "воздушный" шарик. Затем произвольно фломастером нанесли на его поверхности точки, после чего продолжим шарик надувать. Что мы видим? Поверхность шарика растягивается (аналог расширения пространства) и каждая, из помеченных фломастером точек, отдаляется друг от друга. Таким образом, любую точку вы можете условно принять за центр расширения, от которой разбегаются все другие. Такое бесконечное число центров расширения, говорит о том, что на поверхности сферы центра

*расширения нет.* Кроме того видно, что и сами точки при расширении поверхности "расползаются". Таким образом, при хаббловском расширении Вселенной расширяется, растягивается само пространство.

Весьма примечательно, что семью годами раньше Хаббла, в 1922 году, наш бывший соотечественник А.А. Фридман (в то время он жил в Харькове, ныне это независимая Украина), решая уравнения ОТО Эйнштейна и исходя из условия однородности Вселенной, пришел к выводу о возможности изменения границ Вселенной. Они могут как расширяться, так и сужаться, в зависимости от соотношения между средней плотностью Вселенной  $\rho_{\text{ср}}$  и неким критическим значением плотности  $\rho_{\text{кр}} = 3H^2/8\pi G$ . Если  $\rho_{\text{кр}} > \rho_{\text{ср}}$ , то Вселенная - открытая и будет все время расширяться. Если же  $\rho_{\text{кр}} < \rho_{\text{ср}}$ , то Вселенная - закрытая, и в какой то момент расширение сменится сжатием. К настоящему времени мы не можем дать однозначного ответа, какое из неравенств между плотностями  $\rho_{\text{кр}}$  и  $\rho_{\text{ср}}$  осуществляется, так как часть вещества Вселенной находится, по-видимому, в "неизлучаемом" состоянии (черные дыры, нейтронные звезды, странная материя). Поэтому на сегодняшний день оценка величин:  $\rho_{\text{кр}} \approx 10^{-29} \text{ г см}^{-3}$  и  $\rho_{\text{ср}} \approx 10^{-30} \text{ г см}^{-3}$  - не дает однозначного выбора модели, а значит и сценария развития Вселенной. Отметим, что этот сценарий определяется через универсальные константы  $G$  и  $H$ , поскольку именно от них зависит критическая плотность  $\rho_{\text{кр}}$ .

*Жизнь как роспись стенная, тобой создана,  
Но картина нелепостей странных полна...*

*Омар Хайям*

## Лекция 6.

**Входим в микромир. Константа Планка и волна де-Бройля. Принцип Неопределенности Гейзенберга. Спин**

Второй ураган, который разразился из маленькой тучки небосклона теоретической физики конца XIX, был "спровоцирован" Максом Планком. Все началось с его доклада 14 февраля 1900 года об излучательной способности черного тела, где им впервые была введена константа, определяющая величину минимального действия  $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж с}$ . В чем же смысл этой фундаментальной величины? Дело в том, что в классической физике такие величины, как например, импульс -  $p$ , энергия -  $E$ , *действие* (есть и такая величина, ее размерность *энергия × время*), могут принимать любые, сколь угодно малые значения. Однако, как только мы "заходим в микромир", т.е. интересуемся объектами, размеры которых  $\leq 10^{-7} \text{ см}$ , ситуация в корне меняется. Так, например, *действие* уже не может быть сколь угодно малым. Равным нулю - пожалуйста, но первое, его самое малое значение оказывается

равным именно этой постоянной Планка. Следующее по величине значений действия будет  $2\cdot$ , затем  $3\cdot$  и так далее. В аналогичном положении оказываются и другие физические величины, например, энергия. Таким образом оказывается, что *дискретной является не только материя, но и ряд физических характеристик, описывающих ее.*

Следующий революционный шаг был сделан Луи де-Бройлем в 1924 году. Этим потомком династии Бурбонов (он на самом деле потомок, одной из ветвей Бурбонской династии, только правильное произношение фамилии этого Людовика - де-Брольи) было высказано фундаментальное для всей теории микромира соображение. Суть его в том, что любой частице, обладающей импульсом  $p$ , можно сопоставить определенную длину волны (де-Бройля)

$$\lambda = 2\pi\hbar/p. \quad (11)$$

Таким образом, *движущиеся частицы* (электроны, нейтроны, протоны и даже целые атомы) *обладают волновой сущностью* и могут давать такие чисто волновые эффекты как дифракция и интерференция. Идея де-Бройля оказалась столь плодотворной, что практически сразу же Эрвин Шредингер написал волновое уравнение, являющееся фундаментом всей квантовой механики. Характерно, что в результате решения уравнения Шредингера - волновая  $\psi$ -функция является плотностью вероятности и не наблюдается явно. Но это теперь никого не смущает, поскольку на эксперименте наблюдается величина  $\psi\psi^*$  (квадрат модуля величины  $\psi$ ). Важно при этом следующее, величина  $\psi\psi^*$  дает распределение вероятности нахождения частицы в той или иной области пространства. Таким образом, *в микромире принципиальной становится не детерминистическая картина описания объектов, а вероятностная.* Непосредственным следствием этого становится то, что при описании явлений в микромире у частиц не существует понятия траектории в обычном макроскопическом смысле. Это и есть фактически сформулированный в 1927 году принцип неопределенности В. Гейзенберга. Согласно этому принципу изменение импульса  $\Delta p_x$  (вдоль оси  $x$ ) и изменение координаты в этом же направлении  $\Delta x$  не определены с точностью до величины минимального действия - постоянной Планка  $\hbar$ , т.е.

$$\Delta p_x \Delta x \sim \hbar \quad (12)$$

Это означает, что ни координату, ни импульс точно измерить одновременно нельзя, а только с точностью до величины  $\hbar$ . Действие этого принципа распространяется и на другие физические величины, которые не могут быть измерены одновременно. Таким образом, говоря, например, об орбитах электронов в атоме, мы должны понимать, что это всего лишь дань истории - орбитальной модели атома. На самом же деле электроны конечно же не вращаются ни на каких орбитах. Они просто существуют в определенных квантовых состояниях. Да, одни из них чуть ближе локализованы к ядру, другие - чуть дальше, но никаких орбит, т.е. фиксированных траекторий просто нет.

Естественно, может возникнуть вопрос, как же все это объяснить, почему в микромире такая “нелепая” картина, может быть мы что-то не до конца здесь понимаем? Нет, именно здесь мы все понимаем и объяснять, собственно, ничего и не нужно, картина именно такая и не может быть другой в принципе. Почему? Самый простой ответ – “*такова природа вещей*”, как говорил Лукреций Кар, и этой концепцией надо довольствоваться.

Поскольку в квантовом мире положение в пространстве не может быть определено точно, не должно вызывать удивления, что подобная участь постигает и углы. Понятие *направления* (как мы видели на примере закона сохранения момента импульса) занимает центральное место в модели мира выработанной к настоящему времени. В микромире наивное классическое толкование понятия направление и ориентация становится также недопустимым, как и понятия положение в пространстве. Чем же тогда определяется ориентация в пространстве микромира?

Оказывается, что в квантовой физике каждой частице следует приписывать особый собственный (“внутренний”) механический момент, не связанный ни с ее перемещением в пространстве, ни с вращением – этот собственный момент называется *спином*. Так вот, именно *спин и определяет ориентацию частицы в пространстве*. Здесь мы не имеем возможности рассказать, как это делается экспериментально, остановимся поэтому лишь на одном, но весьма показательном факте, определяемым спином такой известной всем частицы как электрон. Этот факт связан с простым, на первый взгляд даже тривиальным, понятием вращения.

В нашей повседневной (макроскопической) жизни при повороте вокруг оси на  $360^\circ$  все будет выглядеть в точности таким же, каким было до начала вращения, т.е. мы оказываемся в том же состоянии. Ну, а как же с поворотом электрона на  $360^\circ$ ? Основываясь на здравом макроскопическом смысле, естественно ожидать, что и электрон вернется в исходное состояние. Однако это совершенно не так! Оказывается из-за спина, чтобы вернуться в исходное состояние, электрон надо повернуть еще раз на  $360^\circ$ . Таким образом, только при повороте электрона на два полных оборота, т.е. на  $720^\circ$ , он “воспринимает” мир тем же самым, как и до поворота. Следовательно, мы (макроскопические существа) в определенном смысле лишь наполовину воспринимаем мир, доступный электрону, имеющему спин. Рис. 6 дает простую иллюстрацию к сказанному. На нем изображена двойная проволочная петля с намотанной на ней бусинкой. Издали мы не можем различить два витка, и нам кажется, что проволока просто свернута в окружность. Поэтому поворот бусинки на один оборот нами воспринимается как то же самое состояние, но на самом деле бусинка “знает”, что это вовсе не так. И ей нужно сделать еще один оборот по петле и только тогда она попадает в то же самое состояние, что и до начала вращения.

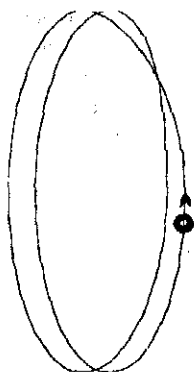


Рис. 6. Двойная петля с бусинкой на ней дает схематическое представление о свойствах спина электрона. При перемещении на один оборот бусинка не возвращается в исходное состояние и требуется еще один поворот, чтобы она оказалась в исходном состоянии.

Это странное на первый взгляд, "двойственное" представление о мире, присущее электрону и другим элементарным частицам (частицам микромира) является фундаментальным свойством природы. Такова, опять таки, природа вещей.

Наличие у электрона спина приводит к чрезвычайно важным последствиям. Приведем только два примера. Так, например, создаваемое спином электрона магнитное поле вдвое больше магнитного поля, создаваемого просто вращающимся заряженным шариком. Второй пример. В одном и том же квантовом состоянии (это состояние определяется тремя характерными квантовыми числами: энергетическим, орбитальным и магнитным, принимающими дискретные значения в долях константы) может находиться только один электрон. Второй электрон в том же состоянии обязан поменять ориентацию спина на противоположную. Поскольку для электрона возможны лишь две взаимно противоположные ориентации спина, то этим полностью исчерпывается ситуация, известная как принцип запрета Паули. Именно этот принцип запрета приводит к специфическим закономерностям в заполнении электронами квантовых состояний в атоме, и именно этим обуславливается природа периодичности изменения свойств элементов в таблице Д.И. Менделеева.

*Природа - Сфинкс. И тем она верней  
Своим искусом губит человека,  
Что может стать, никакой от века  
Загадки нет и не было у ней.*

1869 г. Ф.И. Тютчев

## Лекция 7.

### Четыре фундаментальных взаимодействия: гравитационное, электромагнитное, слабое и сильное

Путешествуя по микромиру, мы сталкиваемся совершенно с новыми понятиями, отсутствующими в макромире. Так, например, одного лишь понятия “электрический заряд” уже недостаточно. У протонов есть некое особое свойство, отсутствующее у электронов. Его называют “барионный заряд”. Существует закон сохранения барионного заряда, благодаря чему электрон никогда “не соприкасается” с протоном так, чтобы “проскочила искра” и их заряды уничтожились, что обычно бывает в макромире при контакте двух противоположно заряженных шариков. Появляются и другие понятия, связанные с особым устройством и появлением элементарных частиц: “странность”, “изотопический спин”, а для кварков - “аромат” и “цвет”. Естественно, что к реальному цвету этот признак не имеет никакого отношения, также как “аромат” к запаху. Просто надо было как-то назвать эти новые, свойства, их так вот и назвали, впрочем, как и сами *кварки*. Появлением этого понятия мы обязаны М. Гелл-Манну, который в 1963 году решил провести, существующую к тому времени систематизацию элементарных частиц (независимо это же сделал Д. Цвейг в 1964 году). Так вот, для этой систематизации и сведения огромного числа элементарных частиц к более элементарным, но меньшим числом, Гелл-Манн придумал три гипотетические частицы с дробной величиной элементарного заряда электрона ( $2/3$  и  $1/3$ ). Название он позаимствовал из рассказа Дж. Джойса “Помянки по Финнегану”, где одному из персонажей снится фантастический сон, в котором летают чайки и кричат: - “три кварка, три кварка для мистера Кларка”. Позднее пришлось ввести еще три кварка, т.е. теперь в “стандартной модели” их всего шесть. Вернее шесть различных ароматов со своими названиями: “верхний”, “нижний”, “странный”, очарованный”, “красивый” и “истинный” (все это кальки от английских слов: up, down, strange, charm, beauty, truth); у каждого “аромата” есть еще три цвета: красный, желтый и синий. Естественно, у каждого кварка (как и у всякой другой элементарной частицы) есть еще антикварк, т.е. тождественная частица но с противоположным по знаку электрическим зарядом. При встрече частицы и античастицы они взаимно уничтожаются (так называемая *аннигиляция*), а их пропавшая суммарная масса выделяется в виде энергии излучения, согласно формуле (7).

Теперь вы можете посчитать сколь элементарной оказалась первоначальная гипотеза Гелл-Мана и Цвайга. Но дело собственно даже не в этом, а в том, что ни в одном эксперименте *сами кварки с их дробным зарядом непосредственно не регистрируются*. Экспериментально подтверждаются лишь выводы из теории кварков, т.е. если они есть, то в такой-то ядерной реакции должно быть *то-то и то-то*. И вот это *то-то и то-то* на эксперименте и наблюдают. Таким образом, пока *существование кварков подтверждается не непосредственно, а лишь опосредованно*, и мы должны учесть это при применении Аксиомы 3, дабы наука была жива и развивалась. Многое еще можно сказать, путешествуя по микромиру, но все эти интересные и важные для физики вопросы уведут нас от основной цели данной беседы, основная цель которой следующая.

Представьте, что вы встретились с представителями внеземной цивилизации и вам надо в кратчайший срок показать им, что вы не только мыслящие существа, но и что наша земная цивилизация достигла определенных успехов в постижении природы. Ясно, что вы должны дать такую информацию и таким способом, чтобы она была понятна любым мыслящим существам, находящимся примерно на нашем уровне развития. Обучать их нашему языку бесперспективно, слишком долго. Можно, конечно, нарисовать “пифагоровы штаны”, но ведь этот результат знали уже две с половиной тысячи лет назад. Это хороший, но очень не высокий уровень. Скорее всего обучить их нашей десятиричной системе счисления, после чего написать какие-либо фундаментальные константы, показывающие уровень достижения земной цивилизации. Это перспективный путь, но какие константы написать? Скорость света, гравитационная постоянная, постоянная Планка и многие другие, как например, масса протона (наиболее стабильной частицы во Вселенной) - имеют размерность, а у нас нет возможности объяснить инопланетянам, что такое наши килограммы, метры и т.д. Можно, конечно, написать число Авогадро. Эта вещественная константа значительно моложе нашей Вселенной, она безразмерная, т.е. понятна любой другой цивилизации, но результат опять почти столетней давности. Нет, она хороша лишь как заправка для общения, так же как и теорема Пифагора. Ну а как же быть с передним краем развития науки, или почти передним? Вот к этому рубежу мы и должны подойти сперва сами.

#### **Четыре фундаментальных взаимодействия.**

**Первое фундаментальное взаимодействие - гравитационное**, нам уже хорошо знакомо со времен И. Ньютона. Первое его лабораторное наблюдение и измерение гравитационной константы  $G$ , было проведено в 1774 году Генри Кавендишем, потомком знаменитого английского пирата. Кавендиш поставил знаменитый эксперимент, измерил чрезвычайно слабую силу притяжения между двумя металлическими шарами, прикрепленными на концах горизонтально подвешенного деревянного стержня. Впоследствии в той или иной модификации эксперимент для измерения константы  $G$  проводился неоднократно вплоть до нашего

времени. Характерно, что гравитационное взаимодействие – дальнедействующее, ему подвержены все тела и от него нельзя защититься никаким экраном. Благодаря этому взаимодействию существует как наша Солнечная система, так и другие системы и галактики. Короче говоря, тот наблюдаемый нами мегамир, одной из составляющих которого являемся мы сами.

**Второе фундаментальное взаимодействие – электромагнитное**, которое мы также знаем со школьной скамьи. Судя по всему, впервые существование электричества установил Фалес Милетский, потер кусок янтаря (по-гречески *электрон*) о шелк или мех. Магнетизм экспериментально обнаружили также древние греки. Уже за 600 лет до н.э. им были известны свойства магнитного железняка. Спустя примерно 500 лет, китайцы открыли способность этого материала ориентироваться в пространстве и создали фактически примитивный компас. Однако из-за отсутствия в древнем Китае понятия “закона природы” его использование ограничивалось различными мистическими действиями, и только спустя несколько столетий, компас стал навигационным прибором. В XVIII-XIX веках природа электричества и магнетизма постепенно прояснилась. Как вы уже знаете, апофеозом явилось написание Максвеллом его четырех уравнений, объединивших электричество и магнетизм в единую теорию. Благодаря электромагнитному взаимодействию электрон не улетает от ядра, что делает возможным само существование атома, ибо отрицательно заряженный электрон притягивается к положительно заряженному ядру, состоящему из протонов и нейтронов. Таким образом, это взаимодействие как и гравитационное, также дальнедействующее и формирует наш атомно-молекулярный мир (в том числе и нас самих).

**Третье фундаментальное взаимодействие – сильное**. Представление о его существовании складывалось по мере того, как прояснялась структура атомного ядра. Действительно, согласно закону Кулона, протоны, как одноименно заряженные частицы должны были бы разлететься из ядра, поскольку сил гравитации недостаточно (они чрезвычайно малы по сравнению с электрическими) чтобы удержать протоны в области пространства  $10^{-13}$  см (размеры ядра). Что-то должно удерживать протоны в ядре, поскольку существуют стабильные ядра атомов. Вот это *что-то* и является сильным взаимодействием, оно существенно только на расстояниях порядка  $10^{-13}$  см, т.е. является короткодействующим. Ясно, что оно также определяет существующий мир, поскольку отвечает за стабильность ядер, а значит, в итоге и самих атомов. Кроме того, в недрах Солнца и звезд непрерывно протекает термоядерная реакция, вызванная сильным взаимодействием и дающая нам ту форму жизни, которая осуществилась на Земле.

**Четвертое фундаментальное взаимодействие – слабое**. Судя по всему, так и не осознав этого события, человечество познакомилось с ним в 1054 году, когда китайские астрономы увидели появление яркой голубой звезды в той области неба, где ранее ничего не наблюдали. Эта новая звезда светила несколько недель, а затем стала медленно гаснуть. Эта вспышка 1054



*Что такое Вселенная? Из чего она возникает? Во что она переходит?*

*В свободе она возникает. В свободе существует, и в свободе растворяется.*

Упанишады

## Лекция 8.

### Сценарий “сотворения Мира”

Примерно пятнадцать миллиардов лет назад произошло событие, не только установившее взаимосвязь между физикой элементарных частиц и космологией, но и определяющее нынешнее стремление к единству науки физики. Это событие называют Большим Взрывом (Big Bang). Чтобы понять, как с того момента времени развивалась наша Вселенная, нам надо совершить краткий экскурс в “единые теории поля”.

В 1967 году С. Вайнберг, Ш. Глэшоу и Э. Салам показали, что слабое и электромагнитное взаимодействия становятся одним единым взаимодействием – *электрослабым*, но при энергиях свыше 100 Гэв. (1 Гэв =  $10^9$  эВ, а 1 электронвольт это энергия, которую приобретает электрон проходя разность потенциалов в 1 вольт). Ниже этой энергии симметрия между ними спонтанно нарушается, и в повседневной жизни мы наблюдаем их как разные взаимодействия. Теория электрослабого взаимодействия была подтверждена экспериментально на ускорителе частиц, создающем энергию свыше 100 Гэв, диаметр кольца которого несколько километров.

В 1979 году Ш. Глэшоу и Г. Джорджи опубликовали свои представления о том, что при энергиях свыше  $10^{14}$  Гэв электрослабое взаимодействие объединяется с сильным, при этом также восстанавливается “некая симметрия”. Но о симметрии чуть позже. Теории, рассматривающие объединение этих трех взаимодействий, называются ТВО (*теории Великого объединения*). Проверить выводы ТВО обычным способом на ускорителе вряд ли возможно, так как диаметр такого ускорителя (в традиционном эксперименте) должен быть много больше, чем размеры Земли. Охарактеризовать хоть сколько-нибудь абстрактную симметрию ТВО мы не сможем, это потребовало бы от нас достаточно сложной математики. Единственное, что пожалуй необходимо сказать, что симметрия ТВО имеет все же некую конкретность – это геометрические симметрии, связанные с дополнительными 7-ю измерениями пространства, свернутыми (или как говорят компактифицированными) в 7-ми мерную сферу. Если результаты ТВО на самом деле верны, то мы живем в 11-мерном пространстве, в котором 3+1 – это 4-х-мерный пространственно-временной континуум, а 7 пространственных измерений свернуты в компакту. Таким образом, появляется еще одна *фундаментальная величина – размерность Вселенной:  $N_B = 1+3+7 = 11$* .

Продолжая двигаться дальше по шкале энергий, мы приходим к *теории супергравитации или суперсимметрии*. Результаты этой теории могут проявляться при энергиях свыше  $10^{19}$  ГэВ. При этом объединяются внутренняя, связанная с квантовыми числами элементарных частиц симметрия ТВО, и пространственная симметрия ОТО. Таким образом, полная схема, которую мы можем предъявить инопланетянам, дабы доказать нашу осведомленность в науке, представлена на рис. 7. Вас не должно смущать, что характерные энергии объединения представлены в размерных единицах, в Гэвах, порядок величин настолько характерен, что мыслящие инопланетяне поймут, о чем идет речь, если они находятся на нашем уровне развития.

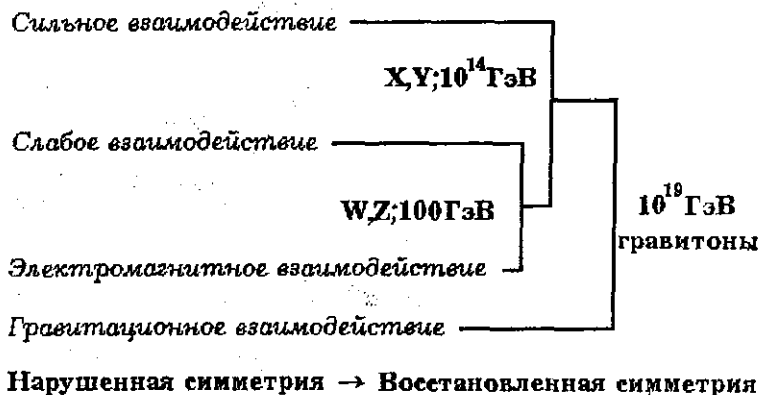


Рис. 7. Энергии объединения различных взаимодействий

Чтобы теперь перейти к “сценарию сотворения нашего Мира”, нам осталось осветить еще одну показательную историю о том, как делаются порой открытия. Суть дела вкратце такова. В 1938 году наш бывший соотечественник ( в то время уже американский физик) Георгий Антонович Гамов, исходя из теоретических соображений, предсказал существование фонового (т.е. исходящего не от звезд, туманностей и т.п., а из “пустого” пространства) электромагнитного излучения Вселенной. В 1946 году он выдвинул модель эволюции Вселенной, объяснявшую происхождение этого *реликтового излучения*. Эта модель – “горячей” Вселенной предполагала, что когда-то, очень давно (поэтому оно и реликтовое) температура Вселенной была значительно большей, нежели сейчас. В 1964 году в лаборатории фирмы “Белл телефон” была создана новая рупорная антенна, предназначенная для работы со спутниками связи и уже через год работавшие на ней Роберт Вилсон и Арно Пензас обнаружили фоновый электромагнитный шум Вселенной. Они, ничего не зная о работах Гамова, просто случайно натолкнулись

на это реликтовое излучение. А в это время, знавший теорию Гамова астрофизик Р. Дикке специально строил антенну для обнаружения реликтового излучения, но опоздал всего лишь на полгода. В итоге Нобелевскую премию в 1978 году получили Вилсон и Пензас. С этого момента идея “горячей” Вселенной, рожденной в результате Большого Взрыва, становится основной гипотезой “сценария сотворения Мира”. Вкратце он таков.

**Большой Взрыв.** Время  $10^{-44}$  сек, температура  $10^{32}$  градусов по Кельвину. Это так называемое планковское время, при нем размер Вселенной составлял  $10^{-35}$  см. До этого момента пространство, время, излучение и вещество были нераздельны, а начиная с планковского времени их роль начинает быть разной. В момент  $10^{-43}$  сек Вселенная очутилась в состоянии с относительно минимальным потенциальной энергии (так называемый ложный вакуум), это состояние было абсолютно неустойчивым и Вселенная стала раздуваться со скоростью большей скорости света  $c$ . При этом информативно связаны между собой были только те участки, расстояние между которыми не превышало  $c t$ . Такое раздувание продолжалось до времени  $10^{-35}$  сек.

**Отделение гравитации.** Начиная с  $10^{-35}$  сек при температуре  $10^{28}$  К, одно универсальное взаимодействие (суперсимметрия) разделилось на гравитацию и Великое объединение.

**Отделение сильного взаимодействия.** Начиная с времени  $10^{-34}$  сек при температуре  $10^{27}$  К, симметрия Великого объединения нарушается и из него выделяется сильное взаимодействие.

**Начало барионной асимметрии.** При температуре  $10^{16}$  К, время  $10^{-12}$  сек рождаются и уничтожаются кварки и антикварки, при этом частиц остается на одну миллиардную часть больше, чем античастиц. Позже это приведет к “вымиранию” антиматерии.

**Отделение слабого взаимодействия.** При температуре  $10^{15}$  К начинает нарушаться симметрия между слабым и электромагнитным взаимодействиями и, начиная с времени  $10^{-4}$  сек и температуры  $10^{12}$  К, все четыре взаимодействия существуют уже независимо. Кварки, ранее свободные, объединяются в нуклоны - протоны и нейтроны, прекращаются реакции, в которых поглощалось нейтрино и эти частицы распространяются по Вселенной.

**Фиксируется число нуклонов.** При температуре  $10^{10}$  К и времени 1 сек прекращаются превращения протонов в нейтроны и наоборот. Их количество фиксируется в соотношении 6 к 1.

**Парное взаимоничтожение лептонов.** При  $10^8$  К и времени 100 сек электроны и позитроны, как это уже было с протонами и нейтронами, взаимоничтожаются и остается небольшой избыток электронов.

**Синтез первых элементов.** При температуре  $10^7$  К и времени  $10^4$  сек протоны и нейтроны сливаются в ядра тяжелого водорода – дейтерия и ядра гелия.

Наиболее “драматические” события во Вселенной произошли за первые секунды с момента Большого Взрыва. Температура вещества и его плотность упали более чем на 20 порядков и теперь счет времени идет уже на тысячелетия.

**Конец синтеза элементов.** Ко времени  $10^4$  лет нейтроны в основном израсходованы на образование ядер гелия. Оставшиеся протоны - это ядра водорода.

**Конец эры излучения.** Вселенная остыла уже до 30000 градусов Кельвина, интенсивность излучения падает и основная доля энергии приходится уже на материю.

**Эпоха плазмы.** Преобладает электромагнетизм, фотоны обладают еще столь высокой энергией, что не позволяют электронам примыкать к атомным ядрам. Вселенная пока еще космический газ, представляющий собой непрозрачную плазму.

**“Просветление” Вселенной.** Начиная со времени  $10^5$  лет энергия фотонов столь уменьшилась, что электроны теперь локализуются вокруг атомных ядер - возникают атомы. Фотоны же распространяются по Вселенной почти свободно, создавая *реликтовое излучение*. Вселенная становится прозрачной и постепенно остывает далее.

**Время  $10^{10}$  лет и далее.** Космический газ образует скопления, возникают небесные тела - *квезары и галактики*. В галактиках образуются газовые облака меньших размеров, они сгущаются и в итоге возникают *первые звезды*. Внутри звезд синтезируются более тяжелые элементы. После смерти звезды они попадают в космическое пространство и при соответствующих условиях могут конденсироваться. Возникают *первые планеты*, подобно нашей. *Жизнь* на Земле появилась свыше трех миллионов лет назад, а примерно 600000 лет назад появился уже *homo sapiens*.

Что же определило столь точную подгонку мировых констант, что стало возможным не только существование сложной структуры нашей Вселенной, но и то, что путем длительных усилий появилась жизнь? Ответом на этот вопрос считается *антропный принцип*, согласно которому наша Вселенная обладает наблюдаемыми свойствами именно потому, что эти свойства допускают возможность существования наблюдателя. Обычно считают, что антропный принцип впервые высказал Б. Картер в 1974 году в двух формулировках, сильной и слабой. Сильный - “Вселенная должна быть таковой, чтобы в ней на некоторой стадии эволюции мог существовать наблюдатель”. Слабый - “То, что мы наблюдаем, должно удовлетворять условиям, необходимым для присутствия человека как наблюдателя”. Однако, как оказалось, много ранее, еще в 1957 году, к этому же выводу пришел наш соотечественник Г.М. Идлис.

Для тех, кого более подробно интересует геометризация физики и роль в ней абстрактных симметрий рекомендуется прочитать раздел “Интермедия” книги “Концепции современного естествознания” (Нальчик / Каб.-Балк. ун-т, 1997).

Где начало того конца,  
которым оканчивается начало?

Козьма Прутков  
"Мысли и афоризмы", №78

## Лекция 9.

### Закономерности макромира. Начала термодинамики. Константа Больцмана

"Вначале не было ничего; из тьмы первозданного хаоса, покоящегося без движения, словно в глубоком сне, прежде иных творений возникли воды. Воды породили огонь. Великой силой тепла в них рождено было Золотое Яйцо. Тогда не было еще года, ибо некому было отмерять время. Из Золотого Зародыша возник Прародитель Брахма и он положил начало времени и всему сущему. Так была сотворена вселенная. Шесть сыновей родилось у Брахмы, но всех превзошел младший, Вишну, хранитель мироздания. Шива вышел из чела Брахмы, подобный пламени гнева и в нем воплотились все разрушительные силы и самые грозные и устрашающие свойства богов."

Так повествуют Веды сотворение Мира. В индуизме, как и позднее в христианстве, сложилась концепция Тримурти (своеобразный индусский аналог нашей Троицы), верховного божества, единого в трех лицах: Брахмы - создателя вселенной, Вишну - ее хранителя, и Шивы - разрушителя.

Таким образом, еще древние, с их высокой наблюдательностью и иррациональным мышлением, пришли к выводу, что для стабильности всего сущего необходимы, говоря современным языком, три закона. *Закон рождения нового, закон сохранения и закон деструкции, т.е. смерти.* Посмотрим, как отвечает современная наука этому представлению.

По современным представлениям, связанным в большей степени с концепцией Нобелевского лауреата Ильи Романовича Пригожина, есть два взаимодополняющих подхода к описанию природы: "динамический" и "термодинамический". Первый наиболее целесообразен для описания отдельных объектов (тел, атомов, молекул, элементарных частиц) и их взаимодействия с малым числом тех же самых или других объектов.

Второму свойственен системный подход, то есть он рассматривает существенно большие совокупности объектов (например, макросостояние с числом "частиц" порядка числа Авогадро  $N_A \approx 6 \cdot 10^{23}$ ), отвлекаясь от их конкретной сущности, и поэтому оперирует обобщенными параметрами, такими как *энергия* и *энтропия*. Относительно этих двух характеристик известны три основных закона.

*1 начало термодинамики - закон сохранения и превращения энергии* в самом общем его виде, т.е. учитывающий любые другие формы движения материи, утвердился в науке, став основой ее формирования почти полтора столетия назад. Началось это признание с довольно частной проблемы определения механического эквивалента теплоты. Решение же проблемы в целом связано, в первую очередь, с работами Юлиуса Роберта Майера (1842г.), Джеймса Прескотта Джоуля (1843г.), Германа Людвиг Гельмголь-

ца (1847г.). Термин “энергия”, вместо использовавшегося тогда “движущая сила”, был введен в обиход физики Вильямом Джоном Ренкиным с 1853 года, хотя само слово встречалось еще у Аристотеля, т.е. еще в III веке до н.э.

**II начало термодинамики - закон возрастания энтропии.** Другими словами, II начало устанавливает:

1. существование для всякой термодинамической системы однозначной функции состояния, называемой *энтропией*. Причем, изменение энтропии равно отношению изменения теплоты к температуре:

$$\Delta S = \Delta Q / T \quad (11)$$

2. невозможность самопроизвольного уменьшения энтропии в изолированной системе (изолированная система не обменивается с окружающим пространством ни частицами, ни энергией, ни информацией, т.е. - ничем). Согласно этому закону система сама стремится к состоянию с максимумом энтропии - состоянию глобального термодинамического равновесия. Это состояние, называемое *аттрактором*, характеризуется максимумом хаотичности (хаос - состояние материи, которое остается по мере устранения возможностей проявления ее свойств), а значит (если вспомнить наш разговор о симметрии в Лекции 3, второй пример), *максимумом симметрии и является наиболее вероятным состоянием системы*. Попробуем, посредством механической модели, дать интерпретацию аттрактора. Представьте себе сосуд в виде конуса. Приведем его во вращение и совершенно произвольно будем опускать на его внутреннюю поверхность шарики. Скатываясь по поверхности конуса, каждый раз по различным траекториям они в итоге оказываются на его дне ( в глобальном устойчивом состоянии). Если теперь посмотреть сверху на возможные траектории, то они представляют из себя систему спиралей, сходящихся в одной точке (дно конуса), это и есть аттрактор. На рис.8 схематически представлены эволюция некоторой переменной, подчиняющаяся асимптотической устойчивости и фазовые траектории, сходящиеся в аттрактор. Таким образом, какие бы не были начальные условия, эволюция системы такова, что все пути ведут в аттрактор. Наверняка вы уже вспомнили античное изречение про аттрактор: “Все пути ведут в Рим”. Да, именно Рим был аттрактором античного мира.

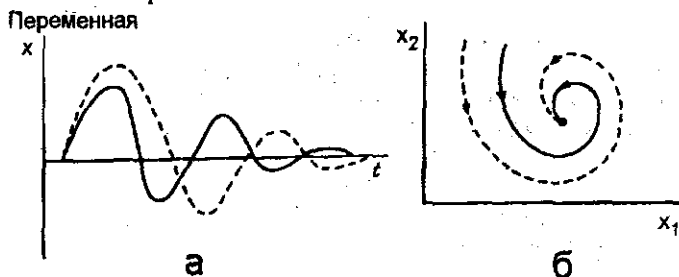


Рис.8. Два представления об асимптотической устойчивости  
 а - временная эволюция состояния;  
 б - фазовые траектории, сходящиеся в аттрактор

II начало, в отличие от первого, не является всеобщим законом природы, оно справедливо только по отношению к изолированным термодинамическим системам. Тем ни менее II начало по своему положению занимает уникальное место среди других фундаментальных законов. Дело в том, что второе начало говорит о необратимости, односторонности процессов в изолированной системе и тем самым обуславливает отличие будущих процессов от прошедших, выделяет направление времени (*стрела времени*), и мерой необратимости является энтропия. Вероятностную интерпретацию энтропии впервые дал в 1877 году Л. Больцман, используя идею определения наименее вероятного, с термодинамической точки зрения, состояния системы материальных точек. В итоге появилась формула для связи вероятности состояния  $W$  (характеристика микромира) с энтропией  $S$  (характеристика макромира):

$$S = k \ln W, \quad (12)$$

где  $k = 1,38 \cdot 10^{23}$  Дж/град - константа Больцмана.

Таким образом, переход системы из неравновесного состояния в равновесное сопровождается возрастанием вероятности и энтропии. Несмотря на то, что константа  $k$  не определяет элементарных физических процессов и не входит в основные принципы динамики, важным является следующее обстоятельство: *константа Больцмана устанавливает связь между микроскопическими динамическими явлениями и макроскопическими характеристиками состояния большого коллектива частиц*. Собственно говоря, эту константу впервые ввел Макс Планк, как, собственно, и формулу (12). Тем ни менее константа  $k$  носит имя Больцмана "по вполне понятной причине" (слова самого Планка). И причина эта в том, что Больцман впервые установил не только пропорциональность между  $S$  и  $\ln W$ , но и показал, что в итоговом состоянии с максимумом энтропии, т.е. в аттракторе, вероятность распределения частиц по скоростям подчиняется распределению Максвелла:

$$W(v) \approx \exp\{-mv^2/2kT\} \quad (13)$$

где  $m$  - масса частиц,  $T$  - температура. Формула (13) с математической точки зрения описывает так называемый нормальный закон распределения случайных величин - закон Гаусса ( $W(x) \approx \exp\{-\alpha x^2\}$ ), ее график приведен на рис. 9. Свойства нормального распределения мы еще воспользуемся, когда будем обсуждать вопрос, связанный с дисперсией аддитивных и неаддитивных величин.

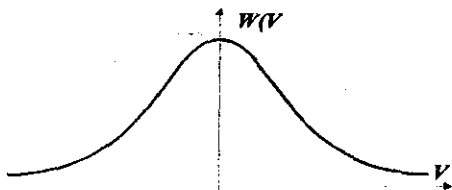


Рис. 9. График функции  $W(v) \approx \exp\{-mv^2/2kT\}$

Из графика на рис. 9 видно, что в состоянии аттрактора - глобального равновесия, в котором система оказалась в конце концов, вероятность встретить частицу с нулевой скоростью максимальна и равна единице, но (и это очень важно!) есть отличная от нуля вероятность встретить частицы и со скоростями, не равными нулю. В дальнейшем мы будем использовать это обстоятельство при обосновании одной из аксиом биологии. Таким образом, состояние максимума энтропии - не застывшее, а некоторым образом подвижное состояние хаоса.

Интересно отметить, что как в древней китайской философии, так и в буддизме хаосу уделялось особое внимание.

**Китайская философия.** Хаос - Хунь-Тунь или Чи-ю переходит в Порядок - Хуан-ди. Были и разрушители Порядка (космического или социального), например, некие злые духи Гун-гун.

**Буддизм.** Существенной является периодичность развития миров. Время развития и существования каждого мира (а их больше, чем песчинок в Ганге) ограничено и распадается на несколько этапов. Эти этапы разделяются Хаосом. На каждом из этапов появляется Будда, восстанавливающий Порядок, и тогда может осуществиться (с его помощью) гармония людей с природой и друг с другом. Затем мир опять погружается в Хаос, до появления нового Будды.

Формулировка II начала принадлежит (в различных вариантах) ряду авторов: Вильям Томпсон (лорд Кельвин) - 1851 г., Вильгельм Оствальд - 1851г., Рудольф Юлиус Клаузиус - 1850 и 1865 гг., Константин Каратеодори - 1909г. Однако значительно раньше ко многим интересным выводам пришел Сади Карно. Для постижения того "как делается наука", что нам потребуется в дальнейшем, следует вкратце остановиться на феномене Сади Карно.

Выделенный мелким шрифтом абзац приведен (с небольшими купюрами) из, пожалуй, самого интеллигентного вузовского учебника "Термодинамика и статистическая физика. Теория равновесных систем" (издательство МГУ, 1991г.), написанного Иридием Александровичем Квасниковым, влияние которого на меня, изучавшего, будучи студентом, одноименный курс по его, Квасникова, конспектам лекций поистине огромно и неоценимо.

Если быть исторически точным, то II начало термодинамики было впервые сформулировано замечательным французским ученым Никола Сади Карно в единственно опубликованной им в 1824 году на собственные средства работе "Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развить эту силу". Его отец, Лазар Никола Карно, был известный инженер и математик, член Парижской академии с 1776 года. В определенный период своей жизни Карно-отец являлся выдающимся политическим деятелем, был (наряду с Лафайетом) организатором вооруженных сил Республики, пэром Франции и одним из директоров в период Директории. После прихода к власти Наполеона, несмотря на лестные предложения последнего, эмигрировал в Магдебург. Своего старшего сына Никола Леонара наградил третьим именем Сади в честь персидского поэта XIII века Мослеходдина Саади. Сади Карно шестнадцать лет поступил в Политехническую школу в Париже, которую закончил в чине военного инженера. Работа Сади над "Размышлениями" относится к периоду пребывания отца в Магдебурге, где он и



бота Сади над "Размышлениями" относится к периоду пребывания отца в Магдебурге, где он и скончался в 1923 году. После возвращения в Париж Сади вновь поступает на военную службу, которую оставляет в 1827 году, решив посвятить себя целиком научной работе. Однако кроме одной работы, он так ничего не опубликовал и умер от холеры в 1832 году, а все его личные вещи (и видимо, большинство бумаг) сжигаются. Единственное, что осталось - это записная книжка, которая хранилась у младшего брата Лазара Ипполита, который и не подозревал о ее истинной ценности. Почти десять лет научный мир о "Размышлениях" ничего не знал. Ее впервые "нашел" в 1834 г. Бенуа Клайперон и в своей работе подробно прокомментировал, и эту громадную его заслугу (помимо, конечно, всего остального) нельзя не отметить. Значительно позднее, уже после того как работа 1824 года получила признание, Ипполит частично опубликовал записки брата, и вот тут вдруг выяснились совершенно лоразительные вещи. Оказалось, что Сади в своих исследованиях опирался на I начало. До сих пор впечатляет точность и современность его формулировки закона сохранения энергии. Публикация всех материалов записной книжки Карно были сделаны Парижской Академией уже в середине XX века и их расшифровка, которой занимались многие французские ученые, в том числе и Леон Бриллюэн, привела к новым открытиям. Оказалось, что Карно понимал необходимость введения энтропии для описания тепловых явлений, кроме того, он имел представление о том, что такое абсолютная температура, которая была введена Томпсоном (лорд Кельвин) лишь в 1841 году, и многое, многое другое знал (неизвестно откуда?). Сади. Обнаружение всех этих идей, которые буквально в муках рождались трудами многих ведущих ученых на протяжении нескольких десятилетий, поражает до сих пор (невольнo вспоминается феномен тмутараканского камня). Конечно, непосредственной роли в утверждении всех основных представлений термодинамики эти записки не сыграли, и не исключено также, что в каком-нибудь древнем кувшине вдруг обнаружится свиток с письменами, современная расшифровка которых обескуражит нас еще больше. Но все же, не будь эпидемии, проживи Карно еще хотя бы два года, и события в научном мире могли бы повернуться по-другому. К сожалению, человеческая история не подвержена повторным экспериментам, кроме того, она полна примеров (в науке и в искусстве) поразительных взлетов гения, их бессмысленной гибели, непризнания при жизни и всего того, что последующие поколения с такой охотой окружают мученическим ореолом.

К этому хотелось бы добавить только следующее. В науке, в отличие от искусства, все, что должно быть найдено, будет найдено. Научные результаты, как правило, дублируются в той или иной мере несколькими учеными. В этом смысле познание остановить нельзя. Другое дело, гуманитарная культура: литература, живопись, музыка и т.д. Здесь каждый результат неповторим в принципе. "Барышню-крестьянку" мог написать только Пушкин, вальсы Шопена - только Шопен, "Войну и Мир" только Толстой. Страшно себе даже представить, что было бы, погибни Пушкин на одной из своих ранних дуэлей (а их, с его характером, было достаточно много), пролети ядро на 10 бастионе чуть левее или правее и не было бы поручика Толстого. Случись подобные трагедии преждевременно и с другими представителями искусства, у нас не было бы целого Мира, на котором выросли, жили и живут многие поколения.

*От малых причин бывают  
великие последствия...*

*Козьма Прутков  
"Мысли и афоризмы", №79а*

### **Лекция 10.**

**Необходимые условия самоорганизации. Закономерности возникновения диссипативных структур. Универсальный критерий эволюции Гленсдорфа-Пригожина**

До середины XX века спор между представителем науки, атеистом и представителем религии о "происхождении нового" был бы формально в пользу последнего. Ведь действительно, представитель религии мог констатировать, что в науке есть закон сохранения (Вишну), есть закон возрастания энтропии, т.е. закон смерти (Шива), но нет никакого закона, объясняющего, как может появиться что-то принципиально новое. Честный представитель науки должен был бы с этим согласиться. Но этого мало, вплоть до 70-х годов можно было услышать достаточно "логичную" критику учения Чарльза Дарвина. Подсчитывали, что если эволюция видов идет случайно, то на появление человека из простейших организмов просто не хватит времени, так как это больше, чем возраст нашей Земли. Вывод был однозначен - необходимо присутствие Творца, как при этом его называть не столь уж важно. И тем не менее теологи в этом споре были не правы. Во второй половине XX оформилось учение о возможности появления принципиально нового упорядоченного состояния из хаоса. И это новое спонтанное возникновение когерентных, *диссипативных* структур из исходного хаотического состояния названо *самоорганизацией*. Оказалось, что для этого должны выполняться *три необходимых условия: система должна быть открытой, нелинейной и вдали от состояния равновесия*. Чтобы разобраться в этом непростом вопросе, приведем сперва краткую историческую справку о некоторых основных "виновниках" этого глобального для нашего века учения.

#### **Экскурс в историю открытых систем**

XIX век – Л. Больцман – теория временной эволюции газа в замкнутой системе. А. Пуанкаре и А. Ляпунов теория устойчивости динамических систем. Ч. Дарвин - первый шаг в теории эволюции открытых биологических систем. Весьма характерно, что несмотря на достижения в области термодинамики и электромагнетизма, Людвиг Больцман считал XIX век - веком Дарвина, так высоко он поставил принцип биологической эволюции. На чем же был основан такой вывод Больцмана? Дело, видимо, в том, что Больцман был один из немногих в то время физиков, кто первым понял важность "первого шага", сделанного Дарвиным – теория эволюции открытых, неравновесных систем. Таким образом, уже на рубеже XX века стало ясно, что развитие теории неравновесных процессов в физических и биологических системах является одной из важнейших задач естествознания.

XX век – первый шаг в теории неравновесных процессов был сделан А. Эйнштейном, Марианом Смолуховским и Полем Ланжевенем – теории брауновского движения (Р. Браун судя по всему впервые, в 1827г наблюдал это явление). Причина брауновского движения - толчки со стороны молекул жидкости, т.е. это открытая система.

По уравнению Больцмана средняя энергия частиц газа в процессе эволюции сохраняется. Это условие необходимо, чтобы в процессе эволюции к равновесному состоянию энтропия, а с ней и степень хаотичности, возрастали. Средняя же энергия брауновских частиц в процессе эволюции не сохраняется, и Н-теорема Больцмана уже не справедлива. Заметим, что по уравнению Больцмана сохраняется не точное значение энергии, а лишь ее среднее значение. Таким образом, возможны флуктуации энергии, т.е. система Больцмана в принципе тоже открытая.

В нашем веке колоссальный вклад в науку об открытых системах внесли также и математики, и в первую очередь упомянутый А.М. Ляпунов, А. Пуанкаре, а позднее А.А. Андронов, А.Н. Колмогоров и Н.С. Крылов. В 1957 году появилась работа А.Н. Колмогорова об энтропии динамических систем, которую можно считать предтечей науки о самоорганизации. В последние годы работами ряда авторов Брюссельской школы и прежде всего нобелевского лауреата Ильи Романовича Пригожина была развита термодинамика сильно неравновесных систем. Цель и задачи нашего курса не позволяют, к сожалению, подробно комментировать ни результаты работ основоположников учения, ни перечислять всех ученых сыгравших роль в его становлении.

Еще раз напомним, что открытые системы обмениваются с окружающими телами энергией, частицами и (или) информацией. В открытых системах возможно образование *диссипативных структур*. Сложность открытых систем предопределяет существование в них кооперативных (когерентных) явлений большого числа частиц, отсюда термин *-синергетика*, введенный Г. Хакеном. Чтобы понять некоторые достаточно общие закономерности возникновения диссипативных структур в процессе самоорганизации, рассмотрим наиболее наглядный пример.

**Ячейки Бенара.** Представим себе слой жидкости между двумя горизонтальными параллельными плоскостями, линейные размеры которых значительно превосходят толщину слоя жидкости. Если жидкость изолирована, то на нее не действуют никакие внешние силы (кроме сил гравитации) и не происходит обмена частиц, то она произвольно долго пребывает в состоянии равновесия. Это состояние характеризуется полной макроскопической тождественностью различных частей жидкости вне зависимости от их расположения и расстояния между ними. Поэтому, если не принимать во внимание границы, то жидкость внутри нашего “аквариума” однородна и изотропна, а значит, состояние обладает максимумом симметрии. Если создать в такой системе разность температур между верхней ( $T_1$ ) нижней ( $T_2$ ) поверхностью путем

непрерывного подвода тепла, то тем самым мы выведем систему из состояния равновесия. Пока разность температур  $\Delta T = T_1 - T_2$  мала, то в системе вследствие теплопроводности установится стационарное состояние, характеризующееся практически линейным изменением температуры, а с ней и плотности и давления. Однако как только разность температур превысит некоторое критическое значение  $\Delta T > T_{кр}$ , мы увидим, как “скачком” установилось принципиально новое состояние. В жидкости образовались ячейки, называемые ячейками Бенара. В каждой ячейке происходит конвекционное вращение жидкости, причем, если смотреть вдоль горизонтальной оси, то направление вращения жидкости в двух соседних ячейках последовательно чередуется: то по, то против часовой стрелки, рис. 10.

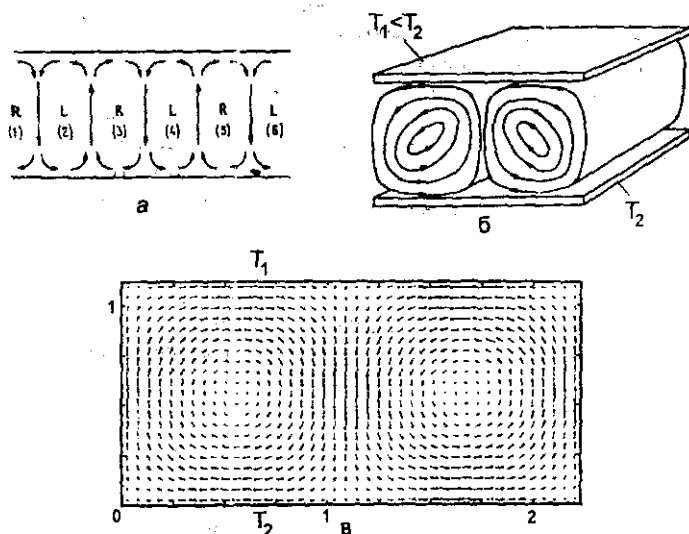


Рис.10. Два изображения конвективных (бенаровских) ячеек. Обратите внимание на противоположные направления вращения в двух соседних ячейках

Таким образом, происходит качественный переход от бесструктурной однородной и изотропной системы к структурированной, т.е. упорядоченной, сопровождающийся нарушением (уменьшением) симметрии пространства (вспомните наш разговор о симметрии в Лекции 3, пример 1). Важно, что этот переход не плавный, а осуществляется скачком, причем при повторении подобного эксперимента принципиально невозможно предсказать направление вращения жидкости в ячейке. Подобная ситуация является существенной

особенностью образования диссипативных структур. Иными словами, в процессе самоорганизации система может реагировать на внешнее ограничение различными способами. С точки зрения развитой математикой теории динамических систем это означает, что при одних и тех же значениях, управляющих системой параметров, возможно несколько различных решений, их называют **бифуркационными**. Для иллюстрации рассмотрим простейшую механическую аналогию бифуркации.

На рис. 11 шарик катится по наклонному желобу с раздваивающимся профилем (ущелье, разделенное на два горой). Направление движения шарика после критической точки  $\lambda_c$  (место раздвоения желоба) предсказать заранее принципиально невозможно. После резкого перехода критического состояния ("скачок" из  $a$  в  $b_1$  или в  $b_2$ ) система менее симметрична. Таким образом, *общим свойством всех диссипативных структур является: понижение симметрии, большая упорядоченность и резкое их (скачком) возникновение*. Эти свойства надо иметь ввиду при явлении самоорганизации и в других областях: химии, биологии, а также на социальном уровне.

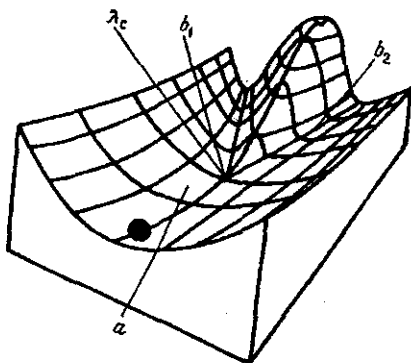


Рис. 11. Механическая иллюстрация бифуркации

Существует три вида диссипативных структур: пространственные (ячейки Бенара, кольца Сатурна и т.д.), временные (автокаталитическая реакция Белоусова-Жаботинского) и пространственно-временные, возникающие в нелинейных химических реакциях, идущих в тонком слое, при наличии локальных флуктуаций концентрации и диффузии реагентов.

Природа самоорганизации определяется тем, что вдали от состояния равновесия из-за нелинейности система является неустойчивой (в смысле Ляпунова), и поэтому даже малые флуктуации могут привести к новому состоя-

нию, для которого характерным является совокупное движение большого числа частиц. Общая теория процессов самоорганизации строится на основе *универсального принципа эволюции Гленсдорфа-Пригожина*, формулировка которого (как и математическая формула) выходит за рамки нашего курса. Однако, согласно Н.Н. Моисееву, можно дать его упрощенную формулировку (для “домохозяек”). *При прочих равных условиях в системе реализуются такие формы организации или поведения объектов ее составляющих, при которых данная система поглощает извне минимальное количество энергии (для неживой природы) или использует энергию максимально экономно (для живой природы).*

*Удивительная способность организма концентрировать на себе “поток порядка”, избегая таким образом перехода к атомному хаосу, - способность “пить упорядоченность” из подходящей среды, по-видимому, связана с присутствием “аперiodических твердых тел” - хромосомных молекул. Последние, без сомнения, представляют наивысшую степень упорядоченности среди известных нам ассоциаций атомов (более высокую, чем у обычных периодических кристаллов).*

*Эрвин Шредингер*

*“Что такое жизнь с точки зрения физики?”*

*М. ИЛ. 1947. с.108.*

## **Лекция 11.**

**Критерий относительной упорядоченности живых систем. Эволюция и деградация. Основные закономерности перестроек.**

Поскольку мы выяснили основные закономерности самоорганизации в открытых системах, представляет интерес сразу же рассмотреть их особенности для живых организмов, имея ввиду их эволюцию. Дадим сперва предельно общее определение этого понятия. Под эволюцией будем понимать процесс изменения, развития в природе и обществе. В физических замкнутых (изолированных) системах, как мы уже обсуждали, эволюция приводит к равновесному состоянию с максимумом энтропии и максимальной степенью хаотичности (“смерть”). В открытых системах можно выделить два класса эволюционных процессов.

1. Временная эволюция к неравновесному стационарному состоянию.
2. Процесс эволюции через последовательность неравновесных стационарных состояний, что происходит благодаря изменению *управляющих параметров*.

В принципе мы должны понимать, что *самоорганизация и деградация - два возможных варианта эволюции*, и чтобы их различать, необходимо

вести новый термин - "*норма хаотичности*". Отклонение от нее (от "нормы") в ту или иную сторону, пользуясь "медицинским языком", можно трактовать как "болезнь", т.е. деградацию, а значит, восстановление к исходному состоянию - это "лечение", т.е. самоорганизация.

Функционирование организма возможно лишь при некоторой норме хаотичности, которая отвечает существенно неравновесному состоянию, но точки отсчета от равновесного состояния (как, например, в простой физической системе) здесь не существует. Поэтому в биологии, экономике и социологии объективная информация об изменении степени хаотичности еще недостаточна, чтобы делать вывод о наличии процесса самоорганизации или деградации. Здесь и уместно пользоваться терминами "норма хаотичности" и "лечение".

Интересно отметить, что первые сведения об обсуждении эволюционных процессов можно найти еще у Платона (в доме Агафона "первый семинар" по эволюции). С тех пор в той или иной мере эта проблема поднималась различными учеными. По нашим современным представлениям для ее понимания требуется знать еще ряд терминов.

"*Динамический хаос*" означает, что отсутствуют источники флуктуаций, источники беспорядка. В этом его отличие от "*физического хаоса*".

Существуют два класса систем - *динамические* и *стохастические* (статистические). В основе классификации лежит *свойство воспроизводимости движения* по заданным начальным условиям. К динамическим относятся воспроизводимые, а к стохастическим - невозможные в нелинейных диссипативных системах. Однако, если нет случайных источников и процесс воспроизводим, а значит, движение динамическое, но оно может быть столь сложным, что результат может быть *непредсказуемым*. Особенностью динамического хаоса является динамическая неустойчивость движения, которая выражается в сильной (экспоненциальной) расходимости близких в начальный момент траекторий. Даже в сравнительно простых динамических системах существует чрезвычайно сложные движения, которые воспринимаются как хаотические (из-за невозможности предсказания результата). Это привело к понятию "*странный аттрактор*".

Динамическая неустойчивость может играть в открытых системах важную *конструктивную роль*. Приведем примеры взятые нами из статьи Ю.Л. Климонтовича (УФН, 1996.Т.166, №11, с.1231-1243).

Начнем с иллюстративного примера из социологии. Пусть некая международная конференция подошла к концу. Это начальное состояние для ее участников. Рассмотрим два возможных варианта их движения.

1. Участники и после ее окончания перемещаются вместе, не удаляясь друг от друга на значительное расстояние. Например, общий поезд из Дархэма, где была конференция, в Лондон.

2. Участники разъезжаются порознь, кто куда - "экспоненциально разбегаясь". Иными словами, движение становится "динамически неустойчивым".

Возникает вопрос. Какой из этих двух вариантов движения способствует в большей мере использованию полученной на конференции новой информации? Первый вариант полезен в определенной мере, так как позволяет продолжить дальнейшее обсуждение вопросов конференции. Но ясно, что именно второй вариант, когда имеет место "перемешивание" траекторий", в большей мере способствует прогрессу науки. В этом случае участники быстрее передают информацию в различные места и разным слушателям. Этот пример демонстрирует, что динамическая неустойчивость и перемешивание могут и не привести к хаосу, а играть позитивную конструктивную роль.

Примеры из медицины приведем лишь в виде констатации результатов. Рассмотрим отклик живого организма на стресс. У женских особей степень хаотичности увеличилась (степень порядка уменьшилась), у мужских особей степень хаотичности уменьшилась (т.е. произошла некоторая упорядоченность). Возврат в исходное состояние, к "норме хаотичности" подразумевает "лечение". Для женщин это лечение сопровождается уменьшением хаотичности (т.е. процесс самоорганизации), а у мужчин - возрастанием хаотичности (т.е. фактически деградация). Таким образом, оказывается, что для живого организма смысл понятий самоорганизация и деградация не имеет однозначной связи, соответственно, с увеличением (при самоорганизации) или, напротив, уменьшения (при деградации) степени упорядоченности.

Оказывается, что всего существует три типа "больных". Первый тип (мужской) - уменьшение степени хаотичности (избыточная упорядоченность), второй тип (женский) - не слишком большое увеличение степени хаотичности. Третий тип (суперженский) - значительное увеличение степени хаотичности. Вспомните, многие женщины от стресса впадают в истерику, для мужчин это крайне редко.

Перейдем теперь к еще одному очень важному разделу, формирующему в определенном смысле "нелинейное" мышление, так необходимое исследователям (да и не только им) в предстоящем столетии. Примерно с 1970 года в печати появились сведения о создании новой области математики, сопоставимой (как считали сами авторы) лишь изобретением Ньютона дифференциального и интегрального исчисления. Подобные прогнозы, конечно, оказались слишком преувеличенными. Эта новая математика, названная "Теорией катастроф", возникла как симбиоз двух различных разделов математики: теории гладких отображений Уитни и теории бифуркаций динамических систем Пуанкаре и Андронова. Под термином "катастрофы" понимают скачкообразные изменения, возникающие в виде внезапного отклика системы на плавное изменение внешних условий. В теории катастроф численно решаются различные задачи, от эмбриологии, до экономики, и от геометрической и физической оптики до геологии. Существенно, что поскольку решения всегда численные, то нельзя сформулировать какие-либо общие закономерности катастроф. Однако частным случаем теории катастроф является "Теория перестроек", которая была создана задолго до нашей 1985 года. Вот в



этой-то науке оказывается возможно сделать ряд простейших качественных выводов, одинаковых для любой нелинейной системы. Считается, что система находится в устойчивом состоянии, условно признанным “плохим”, так как в пределах “видимости” существует более предпочтительное, “лучшее” состояние. Рассмотрим сперва ситуацию “перестройки” с точки зрения “домохозяйки”. Как вы увидите, это не такой уж и плохой уровень.

Предположим, что наша домохозяйка решила сделать уборку квартиры. Ей кажется, что состояние квартиры плохое (ясно, что это достаточно условное понятие, другой бы еще и месяц не убирал). Итак, уборка начинается, все движется, что-то переворачивается, короче, по сравнению с первоначальным плохим состоянием оно сперва еще сильнее ухудшается, но постепенно пыль вытерта, полы вымыты, все расставлено на свои места, и состояние стало лучше чем было до уборки. Через некоторое время наша домохозяйка решила переклеить в комнате обои. Ну не нравятся ей старые и все тут. Что происходит при этом? Старые отрываюся, везде пыль, беспорядок, т.е. состояние ухудшилось гораздо сильнее, чем при обычной уборке. Но в конце концов обои переклеены, и, естественно, состояние гораздо лучше, чем было после обычной уборки. Что же общего в этих примерах? Любая домохозяйка понимает эти два очевидных результата. Во-первых, если хочешь путем “перестройки” улучшить состояние, то с неизбежностью сперва должен попасть в худшее состояние. Во-вторых, степень ожидаемого улучшения состояния сопоставима с предварительным ухудшением. Ну вот, пожалуй, и все, что может предсказать разумная домохозяйка о закономерностях “перестроек”. Чтобы узнать эти закономерности подробнее надо уже обратиться к науке.

Рассмотрим ситуацию, когда под “плохим” состоянием мы понимаем либо “административную систему”, либо “болезнь человека”, а под “хорошим” состоянием – соответственно “рыночную экономику” и “состояние здоровья в норме”.

И государство и человек - типичные нелинейные системы с обратными связями. Это существенно, ибо *управление без обратных связей всегда приводит систему к катастрофе*. Под обратными связями в общем случае понимается следующее. Пусть есть какая-либо система, имеющая вход и выход. На выходе системы есть сигнал (совершенно неважно, как он возник). Если есть устройство которое сигнал с выхода системы передает на вход, то это устройство и есть обратная связь. Если сигнал обратной связью передается в том же виде каким он был на выходе, то это положительная обратная связь; если обратная связь переворачивает сигнал - это отрицательная обратная связь. В ряде случаев достаточно уничтожить лишь одну обратную связь и система устремляется к катастрофе. Для человека пример предельно прост. Если по каким-либо причинам у человека разорвана сонная артерия, катастрофа (т.е. смерть) неизбежна. Человек, как государство - это достаточно сложные системы с переменными обратными связями

Вернемся к нашей ситуации. На рис. 12 по оси Y отложены - для государства "благополучие граждан", для человека "состояние здоровья", а по оси X, соответственно, "предприимчивость граждан" и "самоподдерживающиеся колебания СФРЕ". Здесь мы не имеем возможности конкретизировать, что такое структурно-функционально-рабочие единицы СФРЕ. Можно посмотреть их определение в части IV книги "Концепции современного естествознания". На графике пунктиром изображена линия катастрофы (смерти для человека).

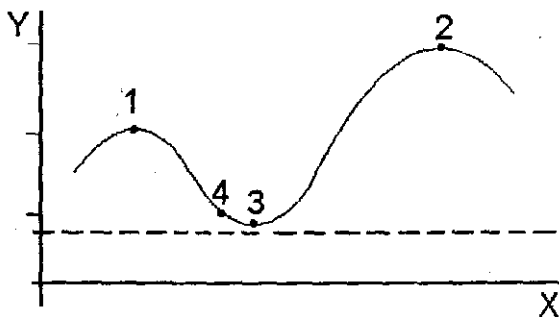


Рис. 12. Перестройка системы

- Точки: 1 - начальное плохое состояние;  
2 - хорошее состояние;  
3 - самое плохое состояние;  
4 - максимум сопротивления

Итак, закономерности следующие. Цитируем по книге В.И. Арнольда "Теория катастроф", 1990 г.

1. Постепенное движение в сторону лучшего состояния сперва приводит к ухудшению. Скорость ухудшения при равномерном движении к лучшему состоянию увеличивается.

2. По мере движения от худшего состояния к лучшему сопротивление системы изменению ее состояния возрастает.

3. Максимум сопротивления обязательно предшествует самому плохому состоянию, через которое нужно пройти для достижения лучшего состояния. После прохождения максимума сопротивления состояние продолжает ухудшаться.

4. По мере приближения к самому плохому состоянию сопротивление, начиная с некоторого момента, начинает уменьшаться, и как только самое плохое состояние пройдено, полностью исчезает и система сама втягивается в лучшее состояние.

5. Величина ухудшения, необходимая для перехода в лучшее состояние, сравнима с итоговым улучшением и увеличивается по мере совершенствования

системы. Слабо развитая система может перейти в лучшее состояние почти без предварительного ухудшения, в то время как сильно развитая система, в силу своей устойчивости, на постепенное непрерывное улучшение не способна.

б. Если систему удастся сразу скачком перебросить из плохого состояния близко к хорошему, то дальше она сама будет эволюционировать в нужном направлении.

С этими объективными закономерностями функционирования нелинейной системы нельзя не считаться. Так, например, выбор "лечения" должен быть таким, чтобы максимальное ухудшение не пересекало линию "смерти", при пересечении которой перестройка прерывается и система устремляется к катастрофе. При кардинальных изменениях в экономике страны, заговоры, путчи и прочие неприятности для правителя возможны раньше самого плохого состояния, в maximumе сопротивления. В самом же плохом состоянии опасности уже нет, всем настолько плохо, что не только не бунтуют, но даже и не плачут, а смеются (согласно историческому анекдоту о Чингисхане).

Выше сформулированы лишь простейшие качественные выводы, но они представляются не только более важными, но и более надежными (чем любые количественные для конкретной модели), ибо мало зависят от деталей функционирования системы.

*Широко простирает химия  
руки свои в дела человеческие  
М.В. Ломоносов*

## **Лекция 12.**

**Некоторые аксиомы химии. Время жизни активированного комплекса как фундаментальная химическая константа. Самоорганизация на химическом уровне. Концептуальные системы химии**

Рассмотрим теперь, хотя и весьма поверхностно, некоторые важные и интересные данные из такой огромной сферы человеческих знаний, как химия. Вначале мы должны сформулировать понятие химической реакции, знакомое, впрочем, вам со школьной скамьи.

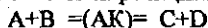
**Химической реакцией** называется превращение одного или нескольких исходных веществ в отличающиеся от них по химическому составу или строению вещества. Химические реакции, в отличие от ядерных, не изменяют ни общего числа атомов в системе, ни изотопного состава элементов. Они происходят при физическом контакте реагентов как самопроизвольно, так и при воздействии температуры (нагревание), катализаторов, излучений, электрического тока, механических напряжений, а также в низкотемпературной плазме. Важнейшей характерной чертой химических реакций является то, что элементарный акт их происходит на микроуровне, а результат фиксируется на

макроуровне. Таким образом, в химических реакциях участвует большое, порядка числа Авогадро, атомов или молекул.

Введем теперь новое понятие. Химическая активность атомов и молекул вступать в ту или иную реакцию называется *реакционной способностью веществ*. Последовательная химическая теория должна объяснять и предсказывать зависимость реакционной способности от строения неизменяющихся молекулярных фрагментов реакции. Современное квантовомеханическое объяснение реакционной способности основано на *теории активированного комплекса*, в дальнейшем сокращенно *АК*.

Теория АК - простейший и исторически первый вариант статистической теории химических реакций - была разработана в 30-х годах XX века Э. Вигнером, М. Поляни, Г. Эйрингом и М. Эвансом. Эта теория основана на трех предположениях, или трех аксиомах.

1. Переход химической системы из начального состояния в конечное связан с образованием *активированного комплекса* или *переходного состояния*. Двойное название указывает на его вещественно-энергетическую сущность. Для простейшей химической реакции:



это означает, что АК это уже не A+B, но еще не C+D.

2. Существует термодинамическое равновесие между реагентами химической реакции и АК.

3. Скорость химической реакции отождествляется со скоростью распада (временем жизни) АК -  $\tau$ .

Все три предположения строго обосновать нельзя, и их следует, в определенном смысле, считать *аксиомами химии*.

С учетом наших знаний о фундаментальных физических константах мы можем уже определить время жизни АК. Действительно, мы знаем, что поскольку элементарный акт химической реакции идет на микроуровне, то обязательно должна присутствовать константа Планка  $\hbar$ , размерность которой *энергия/время*. Далее, поскольку результат химической реакции фиксируется нами на макроуровне, то обязательно должна быть связь между "микро и макро", а значит должна присутствовать константа Больцмана  $k$ , размерность которой *энергия/температура*. Далее, любая домохозяйка (опять обращаемся к ее здравому смыслу) знает, что соль быстрее растворяется в горячем супе, нежели в холодном, аналогично и сахар в чае, т.е. время жизни АК тем меньше, чем выше температура. Следовательно, температура  $T$  должна стоять в знаменателе формулы, определяющей времени жизни АК -  $\tau$ . Сопоставив размерность констант  $\hbar$ ,  $k$  и температуры  $T$  получим единственно возможное соотношение:

$$\tau = \hbar/kT. \quad (14)$$

При обычных для химических реакций температурах  $\tau \approx 10^{-13}$  сек, поэтому пока еще и не удалось никому наблюдать активированный комплекс. Если же это станет возможным, то необходимость в аксиоме №1 отпадет, и ее утверждение станет доказанным фактом.

Как видно из (14), время жизни АК не зависит от участвующих в реакции реагентов и конечных продуктов реакции. Поэтому (и это очень важный результат!) величину  $\tau$  *следует рассматривать как своеобразную фундаментальную химическую "константу"*.

Представьте теперь следующую задачу. Как вы думаете, у кого биохимические реакции идут быстрее, у гения или олигофрена, если они находятся в одном помещении? Отгадываясь от формулы (14), вы должны сделать вывод, что скорость прохождения реакций у обоих испытываемых одинакова, поскольку для обоих одинакова температура. Но если эксперимент говорит об обратном, скажем, у гения они идут быстрее, то что это значит? Ответ достаточно тривиален. Из курса школьной химии вы знаете, что ускорение реакций возможно в присутствии катализаторов. Следовательно, у гения существуют какие-то дополнительные (или их некоторый избыток) *функциональные носители, называемые ферментами*, которые и ускорят реакцию. А наличие этих дополнительных функциональных носителей или их избыток определяется уже другими, *информационными носителями*. Но об этих характеристиках мы поговорим несколько позже.

Говоря о концептуальных проблемах химии, нельзя не остановиться на *самоорганизации на химическом уровне*, так называемой реакции Белоусова-Жаботинского. Прежде всего следует рассказать об экспериментальном открытии знаменитой реакции, положившей новую эпоху в химических автокаталитических реакциях. Эта реакция была открыта Б.П. Белоусовым в 1951 году в ходе простого эксперимента - окисления лимонной кислоты броматом калия в присутствии сульфата церия и серной кислоты. Церий, металл переменной валентности играет в ней роль маятника: он появляется то в восстановительной,



то в окисленной форме



Эти реакции автокаталитические. Свободный ион брома действует как сильный ингибитор (замедлитель) реакции (16). Поэтому вначале протекает только реакция (15), пока все ионы  $\text{Ce}^{4+}$  не восстановятся до  $\text{Ce}^{3+}$ . Затем протекает реакция (16), и процесс повторяется сначала. Вследствие этого раствор периодически меняет окраску, становясь то голубым (избыток ионов церия  $\text{Ce}^{4+}$ ), то красным (избыток ионов  $\text{Ce}^{3+}$ ). Получаются, таким образом, химические часы на основе своеобразного (окислительно-восстановительного) химического маятника.

Б.П. Белоусов послал статью о своем открытии в научный журнал и получил отказ с формулировкой рецензента "Такого в химических процессах не бывает..." Вторая посылка статьи в 1957 г. - опять отказ. Первая публикация была осуществлена автором только в 1959 г. в малоизвестном "Сборнике рефератов по радиационной медицине". Признание пришло лишь через несколько лет, когда аспирант Института биологической физики (г. Пушкино Московской области) А.М. Жаботинский по рекомендации своего руководи-

теля профессора С.Э. Шноля исследовал ряд аналогичных колебательных химических реакций. Работа А.М. Жаботинского и А.Н. Заикина была напечатана в 1970 г. в журнале "Nature" и вызвала сенсацию. Полный же текст статьи Б.П. Белоусова был напечатан только после его смерти, в 1981 г. Такова судьба открытий...

### Концептуальные системы химии

На основе историко-методологического анализа развития химии В.И. Кузнецов установил, что существуют определенные закономерности этого развития. Согласно Кузнецову, вся история химии есть процесс развития и появления новых концептуальных систем. Эти системы представляют собой совокупность законов, теорий и взглядов, характеризующих уровень знания химического явления. С момента возникновения научной химии, определяемой возникновением атомно-молекулярной концепции, и до настоящего времени отчетливо проявляются четыре концептуальные системы. Ниже перечислены эти системы и в скобках даны годы завершения каждого этапа.

1. Учение о составе вещества (XVII-XVIII века). 2. Учение о структуре вещества (60-е годы XX века). 3. Учение о химических реакциях (конец XIX века). 4. Учение о химической эволюции (60-70 годы XX века).

На первом этапе центральной проблемой была задача о соотношении состава и свойств и стремление объяснить свойства химических соединений их элементарным составом. Далее основной потребностью стала задача о структуре вещества. При решении именно этой задачи удалось объяснить не только свойства различных химических соединений, но и открыть путь к синтезу новых веществ. С этого момента появляется новое понятие – *реакционная способность*, которое уже потребовало учета и кинетических факторов. Переход к кинетическим теориям сопряжен с введением понятия *организация*, которое, в определенном смысле, аналогично понятию *структура* и также является атрибутом, но более сложной кинетической химической системы. Далее, логическое завершение схемы приводит к описанию систем еще более высокого уровня организации, таких, например, как самоорганизующихся каталитических систем. В последнее время появилось новое понятие *поведения*, которое выражает нечто иное по сравнению с понятиями *свойства* и *реакционная способность*. С этим понятием связаны проблемы химии, лежащие в основе четвертой концептуальной системы. Именно в этой системе исследуется проблема о поведении сложных предбиологических систем и об уровне их организации. Последним этапом, пограничным между химией и уже биологией, является биология искусственных живых систем. На этом этапе возможно создание в XXI веке научно-теоретического и экспериментального базиса для выяснения биологических закономерностей и построения теоретической биологии.

Для тех, кто хочет более подробно ознакомиться с основными принципами химического взаимодействия и в частности с катализом, его критериями и сущностью, а также с химической эволюцией и биогенезом, рекомендуем прочесть II часть нашей книги "Концепции современного естествознания", где соответствующие разделы написаны доктором химических наук, профессором Т.И. Орановой.

*Неудивительно, что случай имеет над нами такую огромную власть; ведь то, что мы живем, - тоже случайность.*

*Сенека, "письма", 72.*

### Лекция 13.

#### **Аксиомы биологии. Биологические константы**

Основная задача биологии состоит в том, чтобы понять все явления живой природы исходя из научных законов, учитывая при этом, что целому организму присущи свойства, в корне отличающиеся от свойств частей, его составляющих.

Как это не выглядит на первый взгляд странно, но мы не можем пока дать строгого определения жизни и не можем сказать, как и когда она возникла. Максимум того, что пока возможно – это перечислить и описать те признаки, которые отличают ее от неживой материи и высказать научные гипотезы об ее происхождении и эволюции. Перечислим некоторые основные признаки живых систем: питание, дыхание (кроме анаэробных бактерий), раздражимость, подвижность, выделение, размножение, рост изнутри (кристаллы растут с поверхности). Перечисленные признаки - лишь наблюдаемые проявления главных свойств живой материи, то есть ее способность извлекать, превращать и использовать энергию, получаемую извне. Они вам известны из курса школьной биологии и не нуждаются в комментариях. Кроме них существуют, конечно, и другие, не менее "главные". Приведем один важный пример, который мы называем "нулевой аксиомой биологии". Нулевой потому, что в свое время Б.М. Медников (Аксиомы биологии. М.: Знание. 1982 г. С.136) предложил биологическую аксиоматику, состоящую из четырех аксиом. Эти аксиомы мы, следуя Медникову, изложим позже "нулевой".

#### **Нулевая аксиома**

В 1847 г. Луи Пастер сделал фундаментальное открытие, которое долгое время не находило объяснения и по достоинству было оценено фактически в последние годы. Пастер обнаружил, что в живых организмах аминокислоты и сахара являются оптически активными. То есть они вращают плоскость поляризации (двойку векторов напряженности электрического  $E$  и магнитного  $H$  полей вокруг вектора скорости  $v$ ) падающего на них оптического излучения. Удивительным оказался при этом следующий факт. Все природные аминокислоты - левосторонние стереоизомеры, т.е. плоскость  $EH$  вращается влево, рис. 13а. Все природные сахара - правосторонние стереоизомеры, т.е. плоскость  $EH$  вращается вправо, рис. 13б.

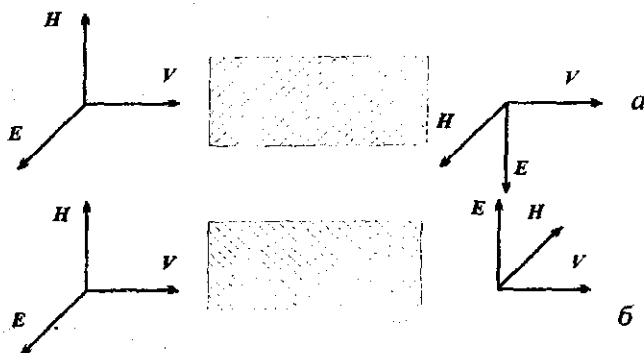


Рис. 13. Вращение плоскости поляризации в оптически активной среде:  
 а - левосторонний стереоизомер;  
 б - правосторонний стереоизомер

При искусственном синтезе этих биохимических соединений образуются смеси оптически неактивные (в них равное количество лево- и правовращающих молекул), что является, с термодинамической точки зрения, наиболее выгодным состоянием. Поэтому открытие Пастера представляет собой не только один из важных признаков, отличающих живое от неживого, но и требует объяснения указанной асимметрии. Другими словами, любая научная гипотеза, делающая попытки объяснить происхождение жизни, должна включать в себя объяснение условий, при которых из первоначально симметричной системы возникла *киральная система* – система с нарушенной симметрией (вспомните наш разговор о симметрии в Лекции 3, третий пример).

Одно из таких первых объяснений принадлежит Л.Л. Морозову и было сделано в начале 80-х годов XX века (в настоящее время появились и другие теории, см. В.А. Аветисов, В.И. Гольданский УФН. 1996 г. Т.166, №8). Вы теперь достаточно подготовлены, чтобы понять его. Вкратце выводы Морозова следующие. Нет никаких механизмов, в результате которых кирально чистые системы могли сформироваться эволюционным путем. Тогда, как вы знаете, остается еще возможность формирования системы с нарушенной (уменьшенной) симметрией в результате бифуркации при самоорганизации.

Таким образом, возникновение жизни следует рассматривать как “благоприятную” катастрофу, происшедшую в точке бифуркации. Ясно, что при таком подходе теория объяснения жизни должна перейти в область физики конденсированного состояния и кооперативных явлений. Кроме того, самовоспроизведение на молекулярном уровне кирально чистых систем, являясь проблемой физической теории, становится еще одним признаком живого.



В настоящее время эволюционные теории происхождения жизни заменяются теориями скачка, основанными на теории бифуркаций и катастроф. Тем самым появляется, в принципе, возможность рассчитать время происхождения жизни. Совокупность указанных представлений сформировала представление о “Биологическом Взрыве”.

Попробуем сформулировать теперь эту “нулевую аксиому” в следующем виде.

**Аксиома 0. Естественное происхождение жизни связано с появлением киральной асимметрии ее основных носителей**

В такой формулировке утверждение аксиомы функционально, т.е. не зависит от того, на основе каких носителей устроена жизнь (это может быть и не наша земная жизнь). Важно следующее. Если жизнь возникла в процессе самоорганизации, то с необходимостью возникает киральная асимметрия. При искусственном возникновении этого могло и не быть, если, конечно, не предположить, что те, кто создавал нашу с вами жизнь, специально нарушил киральную симметрию, дабы мы, созрев до нынешнего понимания самоорганизации, так и не могли бы решить вопрос о том, как и кем все-таки она создана.

Перейдем теперь к формулировке остальных аксиом биологии.

#### **Первая аксиома**

Джон фон Нейман, опираясь на результаты работ Ноберта Винера по кибернетике и Клода Шенона по теории информации, поставил в свое время следующую задачу. Возможно ли построить такую машину, которая, следуя заложенной в ней инструкции, сама создала бы точную копию самой себя? Иными словами, возможно ли построить саморазмножающийся автомат? Задача была решена, и при этом выяснилось следующее. Во-первых, создать такую машину можно, но существует определенный порог сложности, ниже которого она не может воспроизвести себе подобную. Предельная сложность, кстати, оказалась не столь уж и большой, порядка миллиона бит, т.е. машина должна состоять не меньше чем из 10000 элементов. Другой вопрос, конечно, что это за элементы, как их компоновать и т.д., но важнее, как мы увидим, другое.

Казалось, все просто на пути “биологического” размножения аппаратов. Но оказалось, и это получалось из решения задачи, “дочерняя” машина будет бесплодной, как мул, ибо в ней нет уже программы с воспроизводством. Поэтому, для появления третьего поколения в “материнской” машине надо предусмотреть копирующее устройство, передающее по наследству еще и копию программы. Таким образом, согласно фон Нейману, по наследству передается не структура, а описание структуры и инструкция по ее изготовлению. В итоге весь процесс размножения состоит из двух различных операций: копирования программы, называемый *генотипом*, и конструирования собственно организма – *фенотипа*. В итоге первую аксиому можно сформулировать в следующем виде.

**Аксиома 1. Все живые организмы должны быть единством фенотипа и генотипа (программы для построения фенотипа), передающегося по наследству от поколения к поколению**

В такой формулировке эта аксиома также функциональна. Она не связана с какими-либо конкретными химическими веществами, обуславливающими жизнь. В земных условиях основа фенотипа – белки, основа генотипа – нуклеиновые кислоты. Здесь мы не останавливаемся на открытой недавно особой форме наследственности. Так называемые прионные белки способны передавать информацию о своей пространственной форме от одного белка к другому без участия ДНК. В другой Галактике или планетной системе жизнь может быть построена на другой структурной основе, но по единому для всей Вселенной принципу аксиомы 1. То есть, принцип раздельного копирования фенотипа и генотипа остается неизменным. Жизнь же на основе только одного фенотипа или одного генотипа невозможна, так как при этом нельзя обеспечить ни самовоспроизведения самой структуры, ни ее самоподдержания.

#### **Вторая аксиома**

В 1927 году на III Всесоюзном съезде зоологов, анатомов и гистологов в бывшем Ленинграде выдающимся биологом Н.К. Кольцовым была фактически четко сформулирована вторая аксиома биологии. Этот принцип остается до сих пор неизменным, хотя с тех пор представления о природе наследственных молекул кардинально изменились. Сформулируем ее также в функциональном виде.

**Аксиома 2. “Наследственные молекулы” синтезируются матричным путем. В качестве матрицы, на которой строится ген будущего поколения, используется ген предыдущего поколения**

В 50-х годах XX века структура “наследственной молекулы” была расшифрована будущими Нобелевскими лауреатами Ф. Криком и Дж. Уотсоном, которые также показали, что в ней самой заложена способность к матричному копированию. Веществом наследственности для нашей жизни оказались дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), а для некоторых вирусов рибонуклеиновая кислота (РНК).

Таким образом, аксиома 2 постулирует, что жизнь (в своей статике) - это матричное копирование с последующей самосборкой копий. Сам принцип матричного копирования основан на свойстве *комплиментарности* нуклеотидных остатков. Комплиментарность же обусловлена определенным видом химической связи, так называемой *водородной связью*. Роль “копировальной бумаги” играют так называемые транспортные РНК (т-РНК). Они “подходят” к ДНК, и на них, согласно принципу комплиментарности, создаются соответствующие фрагменты, затем, уже в другом месте, опять же согласно комплиментарности, от этой транспортной РНК создается новая ДНК, тождественная первоначальной.

Подробнее об этом можно прочитать в замечательной книге Б.М. Медникова “Аксиомы биологии”. М.: Знание. 1982 г.

### Третья аксиома

Установлено, чтобы вызвать единичную мутацию - наследственное изменение генетической программы, - требуется подвести к ДНК минимальную энергию  $E_{\min} \approx 2,5 \div 3$  эВ. Средняя же энергия теплового движения молекул, окружающих ДНК при обычных для живого организма температурах, составляет примерно 0,025 эВ. То есть, при физиологических температурах ДНК оказывается достаточно стабильной. Но проблема не так проста, как кажется на первый взгляд. Как вы уже знаете, скорости молекул при хаотическом движении неодинаковы даже в состоянии термодинамического равновесия. Они подчиняются распределению Максвелла (13). Следовательно, всегда существуют молекулы с такими скоростями, энергия которых достаточна для того, чтобы нарушить структуру гена и вызвать мутацию. Такие изменения генетических программ (и это фактически следствие распределения Максвелла) обладают следующими свойствами.

Они случайны, непредсказуемы и ненаправлены. Поэтому эти мутации только случайно могут оказаться адаптированными, приспособительными.

Но не температура играет доминирующую роль в процессе мутагенеза. Гораздо большее значение имеют кванты жесткого излучения (ультрафиолет, рентгеновские лучи, гамма-кванты), быстрые элементарные частицы и молекулы веществ, способные реагировать с ДНК (химические мутагены).

В том случае, когда мутацию вызывает квант или частица, начинает проявлять себя принцип неопределенности Гейзенберга (12). Дело здесь в том, что так называемый *радиус эффективного обмена* (размер области, до которой необходимо довести энергию для мутации гена), впервые измеренный еще во время второй мировой войны работавшими в Германии Н.В. Тимофеевым-Ресовским и К. Циммерманом, составляет  $R_{\text{эф}} \approx 10^{-7}$  см. Поскольку размеры области известны (это микромир), то импульс известен лишь с неопределенностью порядка константы  $\hbar$ , следовательно, процесс мутагенеза и в этом случае также вероятностен. Аналогичная вероятностная картина возникает и при рассмотрении других мутагенов. Подводя итог, можем сформулировать следующий принцип.

**Аксиома 3.** *В процессе передачи от поколения к поколению генетические программы, в результате многих причин, изменяются случайно и ненаправленно, и лишь случайно эти изменения оказываются приспособительными.*

Как вы видели, эта аксиома основана на важнейших принципах статистической физики и принципе неопределенности Гейзенберга. Получается, что аксиома 3 напрямую зависит от физических принципов, и ее существование обусловлено наличием двух характерных параметров  $E_{\min}$  и  $R_{\text{эф}}$ , которые

являются своеобразными фундаментальными биологическими константами. Здесь важно понять, что эти параметры фундаментальные константы, но не численные, а буквенные. То есть, для осуществления случайного и ненаправленного изменения генетических программ важно не их численное значение (для жизни не на ДНК, а на какой-либо другой основе численные значения этих констант наверняка другие), а смысловое: "минимальная энергия для осуществления мутации" и "эффективное расстояние для осуществления мутации".

#### Четвертая аксиома

Эта аксиома обязана своим происхождением выдающемуся генетику Н.В. Тимофееву-Ресовскому и носит название принципа усиления. Понять этот принцип легче всего из примера, приведенного в свое время В.А. Ратнером.

Пусть существует оплодотворенная яйцеклетка - носительница мутации гена, кодирующего важный для жизни функциональный носитель - фермент, без которого живой организм не может выжить. В процессе роста и развития организма яйцеклетка превратилась в  $10^{15}$  клеток, соответственно умножились и гены. Каждый ген продуцирует 100 молекул м-РНК, на каждой из которых синтезируется 100 молекул фермента. Каждая молекула фермента осуществляет  $10^4$  актов своей (важной для жизни организма) реакции. В итоге имеем  $10^{15}10^210^210^4=10^{23}$ , т.е. число, сопоставимое с числом Авогадро, а значит, это уже макроуровень. Вот на какую величину усилились результаты одного квантового скачка, одной мутации, существующей на микроуровне. С макроуровнем уже может работать естественный отбор. Важно именно то, что он действует не прямо на генетические программы, а на фенотип, в котором каждое изменение усилено в  $10^{23}$  раз. Таким образом, можно сформулировать принцип усиления следующим образом.

**Аксиома 4. Случайные изменения генетических программ при стабилности фенотипа многократно усиливаются и подвергаются отбору условиями внешней среды**

Следует заметить, что из-за усиления в фенотипах именно случайных изменений эволюция живой природы принципиально непредсказуема. Единственно, что можно сказать - отбор размножит потомков тех особей, которые наилучшим образом будут адаптированы к окружающим условиям. Но вот как они будут приспособлены, об этом можно только гадать.

*Познай самого себя*

*Надпись на фронтоне храма  
Аполлона в Дельфах*

#### **Лекция 14.**

#### **Структура и классификация потребностей человека**

Сколь бы ни были ограничены наши знания о строении и функциях головного мозга человека, о закономерностях его деятельности, опора на эти знания уже сегодня позволяет по-новому подойти к ряду вопросов, первейший из которых - представление об основных потребностях человека.

*Потребности есть основа, движущая сила и цель человеческого поведения.* Мотивы, стремления, желания, интересы, ценностные ориентации человека порождаются потребностями. Неудовлетворенные потребности вызывают крайнюю степень эмоционального напряжения со всеми вытекающими из этого последствиями. Поэтому знание структуры и классификации потребностей человека приобретает первостепенное значение не только для теории и практики лечения психогенных заболеваний, но и для снижения уровня агрессивности больших групп населения.

Наиболее удачной является классификация потребностей, предложенная известным нейрофизиологом П.В.Симоновым. Следуя ему, исходными и самостоятельными по своему происхождению и характеристикам являются следующие потребности:

1. *Биологические* (витальные) потребности в пище, воде, сне, температурном комфорте, защите от внешних вредных воздействий. Эти потребности призваны обеспечить индивидуальное и видовое существование человека как часть живой природы. Они порождают множество вторичных и третичных потребностей, типа материальных потребностей в одежде, жилище и т.д. К числу биологических относится и *потребность в экономии сил*, побуждающая человека искать наиболее короткий путь к достижению своих целей. Принцип экономии сил лежит в основе изобретательства и совершенствования навыков, но может приобрести и главенствующее значение, трансформировавшись в лень. В дальнейшем мы увидим, что эта потребность в разной степени присуща различным людям в этносе и различна в начале этногенеза и в его конце.

2. *Социальные* потребности включают потребность принадлежать к социальной группе (общности) и занимать в ней определенное место (но не обязательно главенствующее), пользоваться вниманием и уважением окружающих, быть объектом их привязанности и любви. Взаимодействуя с социальной группой, человек стремится к двум целям: слиться с общностью и вместе с тем выделить свое "Я". Это стремление представлено потребностями "для себя" и "для других". Каждая из этих потребностей несет свою социально полезную функцию, т.е. они не противопоставляются друг другу.

3. **Идеальные** потребности включают в себя познание окружающего мира и своего места в нем, познания смысла и назначения своего существования на земле как путем присвоения уже имеющихся культурных ценностей, так и путем открытия совершенно нового, неизвестного предыдущими поколениями. Потребность познания не является производной от биологических и социальных, хотя, разумеется, тесно с ними связана. Она происходит от универсальной потребности в информации, изначально присущей всему живому, наряду с потребностью в притоке веществ и энергии. Удовлетворение любой потребности требует информации о путях и способах достижения цели. Вместе с тем существует потребность в информации безотносительно к прагматическому удовлетворению каких-либо биологических и социальных нужд. Удовлетворение этой потребности делает человека невосприимчивым к неблагоприятным факторам окружающей среды, то есть способствует сохранению и укреплению его здоровья, а также наполняет его жизнь глубоким смыслом.

Познавая действительность, человек, в отличие от животных, стремится уяснить правила и закономерности, которым подчинен окружающий мир. Постигая эти закономерности, человек кладет их в основу создаваемых им моделей мира, будь то научные теории или произведения искусства. Загадочность мира так трудно переносится людьми, что они готовы навязать миру не только действительное, но и мифическое, фантастическое объяснение, лишь бы избавиться от бремени непонимания, даже если это непонимание не грозит им ни голодом, ни опасностью для жизни.

Социальные и идеальные потребности, как мы увидим ниже, являются основными при формировании людей в этнос.

Говоря о человеке, нельзя не затронуть вопрос о таких понятиях, свойственных только homo sapiens, как *сознание, подсознание и сверхсознание*. Остановимся кратко на их характеристике.

**Сознание** – специфическая человеческая форма отражения действительности, формирование внутренней программы действий, основанное на оперировании декларативным знанием. Получаемое и передаваемое знание позволяет человеку отделить себя от других животных и неживых систем. Осознать – значит приобрести потенциальную возможность сообщить, передать свое знание другому, в том числе и другим поколениям в виде памятников культуры. Сознание объединяет все то, что коммуницируется или может быть сообщено другим людям. Коммуникативное происхождение сознания обуславливает способность мысленного диалога с самим собой, суждения о собственных поступках, планирования действий и прогнозирования последствий, то есть к появлению самосознания.

По отношению к коммуникативному сознанию речь является важнейшим, ведущим средством декларативного знания, но при этом нельзя забывать о грандиозной системе художественных образов, которые, не будучи полностью вербализуемы, безусловно, принадлежат к сфере сознания. В вос-

приятии человеком искусства участвует как “первичный” язык” чувственно непосредственных конкретных образов и “вторичный язык” довербальных понятий (результат деятельности первой сигнальной системы), так и вербальные понятия (результаты деятельности второй сигнальной системы), присущие исключительно человеку. Высшая нервная деятельность человека включает в себя не только первую сигнальную систему, общую для всех высших животных и специфическую человеческую речь - вторую сигнальную систему, но и третий фактор, связанный с процессом воображения, мысленного представления, так называемый *имагинарный фактор*, непосредственно связанный с сознанием. Экспериментальные и клинические исследования функций больших полушарий подтвердили, что сохранение связей познавательных зон коры с речевыми структурами мозга является обязательным условием функционирования сознания.

**Подсознание** – разновидность неосознаваемой психической деятельности, непосредственно связанная с сознанием и включающая в себя все то, что было осознаваемым или может стать таким в определенных условиях. К этой группе явлений относятся хорошо автоматизированные и поэтому переставшие осознаваться навыки, а также вытесненные из сферы сознания мотивационные конфликты. В сферу подсознания входят и глубоко усвоенные социальные нормы. К подсознанию относятся и те проявления интуиции, которые не связаны с порождением новой информации, а предполагают использование ранее накопленного опыта. Именно подсознание является источником многих умозаключений, при которых зачастую невозможно объяснить, какие именно внешние признаки объекта или явления привели к этому заключению, если не провести мысленную реконструкцию ранее осознаваемого опыта. Имеется и прямой путь, минуя рациональный контроль сознания. Это механизмы имитационного поведения, которые со временем становятся внутренними регуляторами поступков и нередко формируют личность в большей мере, чем интеллектуальная сфера. Подсознание всегда стоит на страже полученного и хорошо усвоенного процедурного и декларативного знания, будь то автоматизированный навык или социальная норма. Благодаря консерватизму подсознания, индивидуально усвоенное (условнорефлекторное) знание приобретает императивность и жесткость, присущие безусловным рефлексам.

**Сверхсознание** – порождение новой, ранее не существовавшей информации путем рекомбинации следов получаемых извне впечатлений, минуя контроль сознания, хотя материалом для рекомбинационной деятельности могут служить и осознаваемый опыт и резервы подсознания. К сфере сверхсознания относятся и первоначальные этапы творческой деятельности (иногда даже в виде сновидений) – порождение догадок, гипотез, творческих озарений. Зарождение, формулировка проблемы и постановка ее перед познающим умом происходит в подсознании и сознании, но принципиально новая информация, непосредственно не вытекающая из ранее накопленного опыта,

порождается сверхсознанием. Затем она переводится на уровень сознания, где происходит вторичный отбор информации путем логической оценки и проверки на практике. Творческая интуиция содержит две разновидности сверхсознания. *Интуиция-догадка* – порождение гипотез и *интуиция-суждение* – порождение аксиом, т.е. прямое усмотрение результата (истины), не требующего формально логических доказательств. В их генезисе лежит нечто принципиально общее, а именно дефицит информации, необходимый и достаточный для логически безупречного заключения. В первом случае (интуиция-догадка) этой информации еще нет, но ее можно получить в ходе проверки гипотезы. Во втором случае (интуиция-суждение) необходимо информацию получить вообще невозможно, так как существующий уровень индивидуального и общественного сознания пока еще не в состоянии обеспечить вторичный отбор при помощи формализуемых доказательств. В этом случае полученное “новое” остается на уровне интуиции и формализовано быть не может – т.е. это аксиома.

Резюме данного подзаголовка мы можем теперь сформулировать следующим образом. Психозвистическая *интуиция-догадка* в рамках формализованной системы аксиом может быть дискурсивно сведена к некоторым основным положениям, принятым за аксиомы или постулаты. *Интуиция-суждение* тем и отличается от интуиции-догадки, что *принципиально не сводится* к каким-либо аксиомам, поскольку сама имеет характер аксиомы, а в ряде случаев ею и является.

Установление аксиом всегда есть акт интуиции-суждения. *Важнейшим и принципиальным для всей науки видом такого суждения является суждение о достаточности опытной проверки, о доказуемости опыта, который всегда с неизбежностью ограничен.* Однако мы пользуемся этим суждением во всех случаях, когда прибегаем к “критерию истины”. Здесь уместно процитировать нашего выдающегося соотечественника – философа, естествоиспытателя и священнослужителя – о. Павла Флоренского, утверждавшего еще в начале XX века: “Истина есть интуиция. Истина есть дискурсия, Или проще: истина есть интуиция – дискурсия”.

Для тех, кто интересуется фундаментальными принципами биологии, рекомендуем прочитать наряду совместную с доктором биологических наук Т.И. Шустовой книгу “Физиологические основы жизнедеятельности человека, его поведения и потребностей”, 1996 г., этот материал изложен также в III части нашей книги “Концепции современного естествознания”. Кроме того, в ней разделы: биоэтика написан доктором философских наук Е.Н. Ивахненко, а раздел, посвященный проблеме ранних стадий эволюции, доктором физ.-мат. наук А.А. Дышковым.



*Я такие вам дали открою...  
Пусть меня историки осудят,  
За непонимание спирали...  
В.С. Высоцкий*

### **Лекция 15.**

#### **Естественнонаучный поход к проблеме этногенеза**

Приступая к обсуждению этногенеза, целесообразно сперва задать ряд вопросов, ответы на которые приблизят нас если не к разрешению, то, по крайней мере, к пониманию самой проблемы. Итак, задумывались ли вы о том, куда делись древние египтяне, древние эллины, древние римляне? Не могли же на самом деле немногочисленные орды готов и прочих варваров уничтожить население Апеннинского полуострова. Почему на ранних стадиях своей истории многие древние этносы проявляли воинственность, самопожертвование и т.п. “доблестные” черты, а в конце своей истории не могли противостоять даже немногочисленным ордам варваров?

Попробуйте дать определение этноса, в равной мере подходящее для всех этносов. Иными словами. Чем определяется этническая принадлежность? Если языком, то это не верно. Канадцы говорят и на французском и на английском, но первые не французы, а вторые не англичане, хотя страна и входит в Британское содружество. В Мексике, Боливии и других странах латиноамериканской Америки говорят на испанском, но жители этих стран отнюдь не испанцы. То есть, язык, как бы он ни был важен, не подходит ни для идентификации, ни для самоидентификации, хотя бы потому, что есть люди глухонемые от рождения. Но глухонемой француз считает себя французом, а не немцем, и окружающие его граждане Франции считают его своим соплеменником. Если этническая принадлежность определяется “по крови”, т.е. определяется тем, кем рожден человек, то это тоже в общем случае не верно. Существует, хорошо известная вам ассимиляция, благодаря которой, например, князь Феликс Юсупов (он же барон Эльстон, он же и боярин Сумароков) русский, а не татарин и не остзейский немец; князь Измайлов, написавший в конце XVIII века русскую “народную” песню “Во поле березонька стояла”, естественно, тоже русский, как и последний российский император Николай II, не имевший практически русской крови. Примерам этим не счесть конца. Можно, конечно, задать еще ряд вопросов, на которые также будет дан отрицательный ответ. Можно привести примеры, когда для идентификации совершенно необходимо знание языка, или вероисповедание или совершенно необходимо родиться от соответствующих родителей (индусом может быть только человек, рожденный от индусов) и т.д., но нам нужно такое определение, которое пригодно для всех этносов! Такое определение и было предложено Л.Н. Гумилевым (сын поэтов Николая Гумилева и Анны Горенко, известной вам как Анна Ахматова) в рамках его теории этногенеза. Для ответа на серию заданных вопросов изложим это грандиозное учение в популярном виде. Подробнее см., например, Л.Н. Гумилев “От Руси до России”, Ст.-Петербург. 1992 г.

В рамках теории Л.Н. Гумилева, *отличие одного этноса от другого определяется* не способом производства или культурой, или уровнем образования, также как языка и происхождения, а *характером поведения их чле-*

нов - стереотипом поведения, который усваивается, как правило, в первые годы жизни человека от ближайшего окружения, а потом используется, как правило, всю жизнь бессознательно. То есть в этносе, в отличие от общества, *работают* не социальные решения, а *ощущения и условные рефлексы*. Ясно, что такое определение объясняет принципиальную возможность изменить этническую принадлежность, и это не должно рассматриваться как "предательство" (под влиянием другой мощной культуры выработался новый условный рефлекс!). Это определение объясняет, например, русскую принадлежность многих представителей дворянства конца XVIII-начала XIX века, для которых "родным языком с детства" был французский, а русского языка они толком не знали и стали изучать из "патриотических соображений" во время войны 1812 года.

Новизна *пассионарной теории* этногенеза, предложенной Л.Н. Гумилевым в 70-е годы, заключается в следующем. Поведение каждого человека и каждого этноса определяется способом адаптации к своей географической среде и своему этническому окружению. Для того, чтобы из толерантных (это та самая симметрия до самоорганизации) ко всему людям создать этнос (частичная потеря симметрии), нужна какая-то энергия. Таким образом, теория впервые связала существование этносов как коллектива людей со способностью отдельных индивидумов как организмов "поглощать" биохимическую энергию живого вещества биосферы, открытую В.И. Вернадским. Далее, способности разных людей поглощать эту энергию различны, и проще всего классифицировать всех людей по этому признаку на три типа.

*Гармоничные* люди потребляют эту энергию в количестве, достаточном, чтобы удовлетворить потребности, диктуемые инстинктом самосохранения. Эти люди работают, чтобы жить без "заморочек", и никаких иных "сверхпотребностей" у них не возникает.

*Пассионарии* обладают избытком этой энергии. Они живут, чтобы работать ради своей идеальной цели, при этом стремятся не приспособиться к окружающей действительности и обстоятельствам, а по возможности изменить их "под себя", по своему усмотрению, исходя из своих "сверхпотребностей".

*Субпассионарии* обладают этой энергией в недостаточном количестве для обычной обывательской жизни. Они живут так, чтобы по возможности не работать (или работать как можно меньше), при этом стремятся максимально приспособиться к окружающей действительности и обстоятельствам, не меняя их (на это у них нет энергии), чтобы потреблять некие блага за счет других людей.

Не стоит думать, что хороши гармоничные люди или пассионарии, а субпассионарии - плохие. Плохие и хорошие - это в определенном смысле условность. Типичные пассионарии: Жанна д'Арк (хороша для французов, но плоха для англичан), Петр I, Суворов, Наполеон, Ленин, Гитлер и д. Плохие они или хорошие? Все зависит от того, кто и как на деятельность этих людей смотрит. Субпассионарии: очень многие политики, пережившие различные режимы, или максимально приспособившиеся в конкретных обстоятельствах так, что одержали вверх над пассионариями, например, Сталин. Пассионарии многие ученые и представители искусства. Хорошие они или плохие? Наде-

юсь, ясно, что в такой постановке вопрос касательно нашей темы просто некорректен. Пойдем по теории пассионарности далее.

Гумилев считал (это его гипотеза), что время от времени (примерно два - три раза за тысячу лет) Земля "чем-то" облучается. Зоны облучения (зоны пассионарных толчков) - это узкие полосы, шириной около 300 км при широтном направлении и примерно 0,5 длины окружности планеты при меридианальном, - почти никогда не проходят по одному и тому же месту. Все-го, считает Гумилев, наблюдалось девять основных толчков:

1-ый в XVIII веке до н.э., а 9-ый в XIII веке нашей эры. Каждый пассионарный толчок порождает новый этнос. Заметим здесь же, что именно к последнему толчку относится появление "молодых" этносов: эфиопов, турок-османов, литовцев и русских (великороссов). При пассионарном толчке, из-за мутации от облучения части населения, через какое-то время количество пассионариев начинает увеличиваться, по сравнению с их количеством "в норме". Это и есть начало этногенеза. Далее я просто комментирую рис. 14.

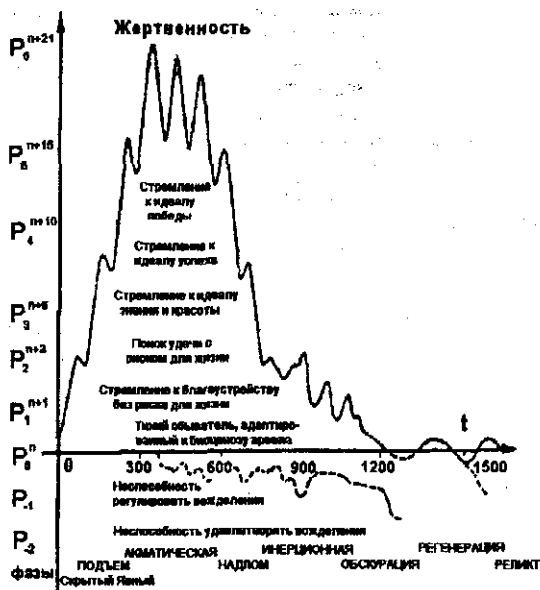


Рис. 14. Изменение пассионарности суперэтнической системы и фазы этногенеза

В начале пассионарность устойчиво растет — это *фаза пассионарного подъема*, структура этнической системы постоянно усложняется, и из разрозненных субэтносов возникает единый этнос. Затем пассионарность достигает максимума, и наступает *акматическая фаза*. В ней создается единый этнический мир — суперэтнос, состоящий из отдельных этносов, близких друг к другу по поведению

и культуре. Все последующее связано с обратным процессом - разрушение суперэтноса вследствие спада пассионарности. Резкий спад пассионарности после акматической фазы - *фаза надлома* - характерен различными внутренними конфликтами, гражданскими войнами и т.д. В различных этносах это что-то свое, но причина одна и та же. Во Франции войны католиков с гугенотами, в России - классовая борьба и т.д. В процессе конфликтов пассионариев становится все меньше с каждым поколением. и суперэтнос (если выживает), потеряв часть своих этносов, входит в *инерционную фазу*. В этой фазе пассионарность спадает медленно и плавно, люди живут "без заморочек", создают благоустроенные государства, наслаждаются благами материальными и культурными. В этой фазе находятся этносы Западной Европы и США именно в настоящее время. Если, однако, пассионарность падает еще ниже, наступает деструктивная *фаза обскурации*, когда обманчивое благополучие гибнет от рук собственных субпассионариев. Этнос либо исчезает, либо может перейти временно в короткую *фазу регенерации*, а затем либо исчезает полностью, утратив свою самобытность (люди при этом никуда не пропадают, как где жили, так и живут), либо остается в виде *реликта* - осколка некогда бушевавших страстей. Пользуясь физической аналогией, мы можем сказать, что суперэтнос - это своеобразная молекула (пока он существует), проходящая в процессе своей жизни различные фазовые состояния (как например  $H_2O$  - жидкость, лед, пар). Смерть этноса - разрушение молекулы на отдельные атомы (люди), которые со временем (конечно, не они, а их потомки) могут либо включиться в другое этническое образование, либо создать новое. Все перечисленные фазы этногенеза и фазовые переходы проходит любой этнос, хотя и по-разному. Кроме того, на любой стадии процесс этногенеза может быть насильственно прерван в результате гибели большого количества людей, например, из-за эпидемии или агрессии иноплеменников.

Каждая фаза этногенеза характеризуется различным стереотипом поведения, последовательно переходя от поиска удачи с риском для жизни с идеалом честолюбия, стремления к идеалу победы вплоть до жертвенности в акматической фазе. В этой фазе создаются легенды: Муций Сцеволла, Жанна д'Арк, Иван Сусанин и т.д. - неважно при этом, что было на самом деле. Далее, стремление к идеалу успеха и появление постепенно вместо честолюбия - тщеславия и стремление к идеалу знания, красоты в фазе надлома, и далее стремление к благоустройству без риска для жизни в начале инерционной фазы, до стереотипа тихого обывателя в конце этой фазы. Для фазы обскурации характерны: неспособность регулировать вожделения и даже неспособность удовлетворять вожделения, а первенствует тщеславие, возведенное почти в закон. Вспомните, как в конце своей истории древние римляне сами себе при жизни ставили памятники и принимали восхваления от своих клиентов, зная прекрасно, что те лгут.

Теперь должно быть понятно, что этнос в конце своей жизни просто не может сопротивляться не только завоевателям, но даже своим собственным вожделениям. Род человеческий должен быть бессмертен, а этнос, как и человек, смертен.

При изучении теории Гумилева возникает с неизбежностью вопрос: откуда такое разнообразие ныне существующих этносов (при том только

часть из них реликты), не вписавшихся в схему девяти пассионарных толчков? Здесь, нам кажется возможно следующее объяснение. Как мы видели, образование этноса, т.е. появление у группы людей (ранее ко всему толерантных) своей этнической доминанты – это фактически изменение (уменьшение) полной симметрии. Если считать, что это произошло в открытой системе (а это на самом деле так) и при прочих необходимых для самоорганизации условиях, то ответ очевиден. Процесс этногенеза, помимо теории Гумилева, может быть объяснен еще и самоорганизацией.

*И случай, Бог изобретатель.*

*1829 г. А.С. Пушкин*

### **Лекция 16.**

**Панорама “существования” “с высоты птичьего полета”. Проблема эволюции науки. Парадигма естественной и гуманитарной культур**

Настало время подводить итоги. Теперь мы можем посмотреть на проблему “существования” “с высоты птичьего полета”, т.е. как работают три основных закона (далее для сокращения: закон сохранения - 1, возрастания энтропии - 2 и универсальный критерий эволюции - 3) в живой природе.

Пусть в результате какого-то “катастрофического”, но благоприятного для нас события возникла живая субстанция. Согласно закону 1, она должна сохраняться, но есть и закон “смерти” 2, и он должен быть уравновешен законом 1. Для живой субстанции движущая сила ее существования уже не только поступающая извне энергия, но и недостаток питания. Значит, для достижения большей устойчивости организмов, стремящихся к сохранению гомеостаза, требуется достижение нового уровня экономии энергии. Следовательно, включается в работу закон 3, который требует усложнения системы за счет понижения симметрии, то есть возникновения в ней подсистем: нервных клеток, мозга и т.д. В результате отдельные организмы, а потом и популяция, переходят на качественно более сложную ступень развития, экономии энергии и, следовательно, “жизнестойкости”. Со временем возникает способность адекватно ориентироваться в определенных ситуациях, память, и далее закон 3 заставляет эволюционировать уже эти способности. В результате появляется возможность перехода от простейших рефлексов к более сложным видам психической деятельности и в конечном итоге к разуму. В определенный момент эволюции живого возникает, наконец, *homo sapiens*. Академик Н.Н. Моисеев (Человек и ноосфера. - М.: Молодая гвардия, 1990. - С.352) считает, что возникновение человека не случайно, а предопределено всем предшествующим развитием живой субстанции. С этим, по нашему мнению, пока сложно согласиться, так как никакого закона, требующего появления разума мы пока не знаем. Человек за время своего существования (если мы возьмем исторический период 6000 лет) не столько совершенствуется сам (совершенствование происходит только в морально-этическом плане), сколько творит техносферу, развитие которой также подчинено закону 3. Действительно, человек сперва изобретает простейшие механизмы с малым КПД, потом машины с все большим и большим КПД, попутно совершается переход от примитивно затратных к ресурсосберегающим технологиям т.д. Кроме

того, в определенные, "сильно неравновесные" моменты истории разобщенным индивидуумам энергетически более выгодно перейти в особое "когерентное" состояние, т.е. возникает этнос, который развивается, живет и, подчиняясь закону 2, умирает.

Под этим же углом зрения может быть рассмотрена и проблема экологии. Например, неверные действия одного, нескольких или сообщества индивидуумов увеличивают энтропию системы. В итоге снижается жизнестойкость всей системы. Если при этом нарушается в значительной мере обратная связь, способствующая, согласно закону 1, сохранению экосистемы, то в качестве расплаты происходит экологическая катастрофа.

Таким образом, вы видите, что адекватное восприятие перечисленных трех законов должно способствовать развитию экологической морали.

Теперь остановимся еще на одном частном примере, посредством которого мы хотим внушить вам весьма общую идею. В лекции 9 было сказано, что распределение Максвелла, формула (13), с математической точки зрения описывает так называемый нормальный закон распределения случайных величин - закон Гаусса ( $W(x) \approx \exp\{-\alpha x^2\}$ ). Этот закон наиболее часто реализуется в различных системах. Причина этого в следующем. В теории вероятности есть замечательная теорема, так называемая центральная предельная теорема Ляпунова. Смысл ее в формулировке для "домохозяек" примерно такой. Если значения, которые принимает случайная величина, зависят от большого числа различных факторов, каждый из которых в отдельности мало влияет на эту величину, то рассматриваемая случайная величина подчиняется нормальному закону распределения Гаусса. Этот закон интересен нам по следующей причине.

Обычно для характеристики отклонения величины  $f$  от ее среднего значения  $\langle f \rangle$  используют понятие дисперсии - среднее квадратичное отклонение от равновесного среднего:  $D = \langle (f - \langle f \rangle)^2 \rangle$ . Далее, если мы говорим о каких-то величинах, имеющих случайные значения, то их можно классифицировать либо как аддитивные (зависящие от числа частиц в системе), либо как неаддитивные (не зависящие от числа частиц в системе). На примере физической системы вы легко поймете, что энергия, объем - это аддитивные параметры, а давление, температура - неаддитивные. Так вот, для нормального закона Гаусса оказывается, что дисперсия неаддитивных величин пропорциональна числу частиц в системе, т.е.  $D_{\text{неадд}} \sim N$ ; а дисперсия аддитивных величин обратно пропорциональна корню квадратному из числа частиц в системе, т.е.  $D_{\text{адд}} \sim 1/\sqrt{N}$ .

Вот теперь можно, наконец, объяснить, для чего все это было нужно вам рассказывать. Разум, интеллект, квалификация и прочие профессиональные навыки и способности, также как и талант - величины неаддитивные. Глупость, неумение что-либо делать и т.п. - величины существенно аддитивные. Вот поэтому принципиально новые идеи рождаются всегда в голове одного человека, творчество только индивидуально, а коллективное творчество не что иное как простая совокупность результата работы отдельных индивидуумов и не может содержать ничего революционно нового. Вот поэтому бесплодны были все попытки собрать вместе много талантливых ученых, поэтов и т.д. и ожидать, что совокупно они что-то гениальное сотворят. Гениальность - это отклонение от среднего неаддитивной величины, а дисперсия,

т.е. то самое отклонение, тем меньше, чем больше людей вы соберете. Именно поэтому новые идеи рождаются именно в маленьких коллективах, стихи, картины, музыку и романы пишут не коллективом.

Вот поэтому так опасно коллективное мнение дилетантов, коллективное мнение глушцов. Вот поэтому так опасна толпа, ибо агрессивность - аддитивная величина. Вспомните, как толпа кричала: "Распни Его. И кровь Его да будет на нас и детях наших". Но! Как же быть с демократией, парламентом и т.п. социальными институтами, где заведомо должно быть коллективное мнение, предострашающее самовластие, диктатуру и возможное самодурство одного человека? А никак! Вспомните слова Уинстона Черчилля о том, что "демократия очень плохой способ управления, но, к сожалению ничего лучшего пока не придумано". Очень хотелось, чтобы вы в своей дальнейшей жизни (безотносительно от того кем вы станете) всегда помнили об этом свойстве аддитивных и неаддитивных величин.

Поговорим теперь о эволюции самой науки. Конечно, следовало бы сперва рассказать о философии науки вообще, т.е. кратко коснуться истории позитивизма "с высоты птичьего полета" от О. Конта до П. Фейерабенда. Обязательно надо было бы поговорить о постпозитивизме Карла Поппера, о теории парадигм Т. Куна и эпистемах М. Фуко, но, к сожалению, недостаток времени не позволяет это сделать. Поэтому будем (по умолчанию!) считать, что указанные вопросы включены вам в курс философии, а для краткого ознакомления отсылаю вас к последней части нашей книги "Концепции современного естествознания", где этот раздел разделан доктором философских наук Е.Н. Ивахненко.

Ниже следующий материал представляет сокращенный и несколько адаптированный вариант фрагмента статьи выдающегося физика современности Ювала Неемана "Счастливым случай, наука и общество. Эволюционный подход", опубликованной в международном философском журнале "Путь" в 1993 г., №4.

В эволюционной теории познания Карл Поппер и Дональд Кемпбелл сформулировали своеобразную неodarвинистскую схему, описывающую, как эволюционирует наука. Вкладом самого Поппера в философию науки была его идея *фальсификации*: ни одна теория не может называться теорией, если ее нельзя проверить экспериментально и если она не оказывается ложной в некоторых своих предсказаниях. Кроме того, согласно Попперу, прогресс в науке идет именно через процесс фальсификации: теория, не выдержавшая проверки, заменяется на более совершенную, с более широкой областью истинности. Таким образом, развитие науки является эволюционным процессом, и фальсификация уже дает нам необходимый *механизм отбора*. Осталось найти еще *механизм случайной мутации*. Для его нахождения Поппер и Кемпбелл ввели *гипотезу слепой вариации*, согласно которой новые идеи в науке рождаются независимо от той проблемы, для решения которой они существуют. В предшествующих разделах мы уже обсуждали, что логически невозможно правильно вывести эмпирические обобщения или теорию только из данных наблюдений. Нет также и универсального метода, позволяющего найти "истинную" теорию, не занимаясь ее проверкой. Поппер и Кемпбелл сделали отсюда вывод, что ни для одной теории не существует априорного

оправдания, и поэтому построение теории есть не что иное, как *угадывание*, то есть *случайная операция*. Кемпбелл даже называет новые научные виды неоправданными вариациями - случайными операциями проверенных теорий.

На первый взгляд, теория Поппера-Кемпбелла напрашивается на суровую критику. На самом деле, если наука обязана своим прогрессом слепому угадыванию, то зачем "учить науке", для чего ученым придерживаться исследовательских программ? Существует ли тогда вообще научная методология? Не пойти ли вслед за Фейерабендом и считать, что "все сгодится"? Да и вообще - произвела бы серия подобных операций сколько-нибудь заслуживающие внимания научные результаты? Дабы снять эти вопросы, Ю.Нееман и Л.В.Канторович предложили более тонко структурированную *теорию мутационного механизма науки*.

Их первый тезис состоит в том, что *ключевую роль* в этом мутационном механизме *играет везение*. Именно этот феномен стоит за главными достижениями в науке, будь то в теории или в открытии новых явлений, или в постановке новых проблем, которыми впоследствии начинают заниматься исследователи.

Вторая важная модификация теории Поппера-Кемпбелла - второй тезис состоит в том, что его *надо применять*, если говорить в самых общих чертах, *к революционной стадии науки*. В этих революционных стадиях - ярко выражена стохастическая компонента, то есть очевидный эффект случайности. Иногда поразительные результаты, полученные "случайно", делают такой стохастической компонентой самого ученого.

Третий тезис версии Неемана-Канторовича следующий: *мутирует* не статическая структура науки, а *динамический исследовательский механизм*. То есть, для этого должна существовать постоянно действующая программа - *поиск "А"*. Такой поиск должен постоянно вестись, чтобы иметь какие-то результаты. Если ученый не будет все время настороже, с ним никогда не приключится ничего странного - никакой мутации, никаких везений, никаких *случайных открытий "В"*. Вспомним, генетические мутации не происходят в статической ДНК, для них необходим процесс репродукции, в который может вкратце ошибка, "Нормальная" наука или, точнее, преднамеренный и запрограммированный процесс исследования, который обычно направляет на дальнейшую разработку уже полученных результатов и составляет ту естественную основу, где может произойти (и происходит) мутационная ошибка.

В примерах, которые мы приводили в нашем курсе было, фактически несколько "траекторий" открытия: поисковое исследование - то есть исследование, не являющееся поиском чего-то конкретного, но все же остающимся поиском и открытием "В"; поиск "А" и открытие "В" в качестве побочного продукта; поиск "А" и открытие вместо этого "В". В некоторых случаях "В" - это "А", но по совершенно неожиданным причинам.

Новые области науки особенно богаты открытиями, в основе которых лежит везение. Исходная база данных тут, как правило, ограничена, а теоретических знаний, с которыми надо согласовывать неожиданные результаты, меньше, чем у старых теорий. Поэтому мутации - везения в новых науках - это эпистемологические проявления феномена, хорошо известного в биологической эволюции и описываемого моделью "пунктирной" эволюции Н. Элдриджа и С.Дж. Гулда. Эти



исследователи обнаружили, что эволюция происходит гораздо быстрее в небольших изолированных популяциях. Причины: панмиксия мутантов на встречу и размножение в таких популяциях выше, а степень вмешательства со стороны части популяции, не подвергшейся мутации, ниже.

Это согласуется и с нашим тезисом, что открытие происходит через *случайность - флуктуацию* в малых научных коллективах, поскольку интеллект - неаддитивная функция. Тогда новое качество в сложной системе возникает через флуктуацию и их разрастание в процессе самоорганизации.

Остановимся еще на одном важном моменте. *Наука + технологии - это и есть информационные носители социальной эволюции.*

Человек за свое существование судя по всему, не претерпел существенных генетических изменений (пока!), тем ни менее он значительно эволюционировал, самоорганизуясь в сообщества. Наверное, стоит выделить относительно стабильные уровни или эпохи социальной эволюции, определяемые технологиями. Переход от палеолита к мезолиту и неолиту следует за эволюцией технологии каменных орудий. Далее, открытие меди (эпоха хальколита), затем эпоха бронзы и железа. В настоящее время мы, судя по всему, живем уже в век информационных технологий.

Весьма примечательно, что примерно до конца XVII века технологии, являясь следствием накопленного опыта, не следовали за научными достижениями, а начиная с XIII века, новые технологии все более и более являются следствием научного прогресса. Появление же новых технологий непосредственно сказывается на социальной эволюции человечества. Таким образом, сперва одни *технологии*, а потом и *наука + технологии* являются своеобразным ДНК (информационным носителем) социальной эволюции, в котором роль мутаций играют научные и технологические открытия.

И последнее, полнота познания и необходимая для этого способность к интенсивному суждению - это фундаментальное условие существования homo sapiens. Важно, что степень этой необходимости отнюдь не уменьшается с компьютеризацией нашей жизни. Наоборот, поскольку логическое, дискурсивные операции все более передаются ЭВМ, степень внелогической, интуитивной деятельности увеличивается. В итоге в процессе логического, дискурсивного научного творчества должны все в большей степени проявляться приемы свойственные процессу художественного творчества, а значит и приемы научной работы в гуманитарных науках. Этим и определяется *парадигма естественной и гуманитарной культур*, возникшая вследствие интеллектуальной революции конца XX века, освобождающей умственную деятельность от стандартизированного рутинного труда.

*“Знание смиряет великого,  
удивляет обыкновенного  
и раздувает маленького человека.”*

*Л.Н. Толстой*

## ТЕСТЫ

1. Из каких свойств пространства и времени следует закон сохранения энергии:
  - однородность времени,
  - однородность пространства,
  - изотропность пространства.
2. Из каких свойств пространства и времени следует закон сохранения импульса:
  - однородность времени,
  - однородность пространства,
  - изотропность пространства.
3. Из каких свойств пространства и времени следует закон сохранения момента импульса:
  - однородность времени,
  - однородность пространства,
  - изотропность пространства
4. Вселенная в данный момент:
  - расширяется,
  - сжимается,
  - остается неизменной.
5. Центр расширения Вселенной
  - находится в нашей галактике,
  - в геометрическом центре Вселенной,
  - центра расширения вообще нет.
6. При движении с постоянной скоростью линейные размеры тела вдоль направления движения:
  - неизменны,
  - уменьшаются,
  - увеличиваются.
7. При движении с постоянной скоростью время вдоль направления движения:
  - ускоряется,
  - неизменно,
  - замедляется.
8. Пространство и время:
  - никак не связаны между собой,
  - образуют единый пространственно-временной континуум.
9. Вблизи гравитирующих масс пространство:
  - искривляется и геометрия неевклидова,
  - не изменяется и геометрия евклидова.
10. Вблизи гравитирующих масс время:
  - замедляется,
  - неизменно,
  - ускоряется.
11. При одинаковых давлении и температуре количество "структурных элементов" одно и то же в:
  - килограмме
  - моле;
  - литре.
12. В изолированной системе энтропия:
  - возрастает,
  - уменьшается,
  - остается неизменной.
13. Достаточное условие макросостояния. Число частиц в системе равно:
  - числу Авогадро,
  - числу Лошмидта,
  - постоянной Больцмана.
14. В открытой системе, в нелинейной области, вдали от состояния равновесия:
  - принципиально невозможно появление новых структур,
  - возможно появление самоорганизации с появлением диссипативных структур.

15. Смысл постоянной Планка:
  - максимальное действие,
  - минимальное действие,
  - нулевое действие.
16. Смысл постоянной Больцмана:
  - связь между микроскопическими динамическими явлениями и макроскопическими характеристиками,
  - просто числовой коэффициент.
17. Электроны в атомах:
  - находятся в определенных квантовых состояниях,
  - вращаются по определенным орбитам,
  - неподвижны.
18. Сколько существует поколений фундаментальных элементарных частиц:
  - одно,
  - три,
  - бесконечно много.
19. Сколько у каждого кварка "цветов":
  - один,
  - два,
  - три.
20. Сколько различных "ароматов" кварков:
  - три,
  - шесть,
  - вообще нет.
21. Сколько всего существует фундаментальных взаимодействий:
  - десять,
  - четыре,
  - одно.
22. Гравитационное взаимодействие отвечает за:
  - стабильность орбит планет,
  - стабильность молекул,
  - стабильность атомов.
23. Электромагнитное взаимодействие отвечает за:
  - стабильность атомов,
  - стабильность Солнечной системы,
  - равномерное и медленное горение Солнца.
24. Слабое взаимодействие отвечает за:
  - равномерное и медленное "горение" Солнца,
  - стабильность атомов,
  - стабильность молекул.
25. Сильное взаимодействие отвечает за:
  - стабильность атомных ядер,
  - стабильность молекул,
  - за скорость химических реакций.
26. Вселенная "родилась"
  - в процессе Большого взрыва,
  - взрыва галактики,
  - взрыва квазара.
27. Скорость химической реакции отождествляется с:
  - временем жизни активированного комплекса,
  - временем полураспада химических элементов,
  - постоянной тонкой структур.
28. Время жизни активированного комплекса:
  - зависит от температуры и постоянной Планка и Больцмана,
  - не зависит ни от чего,
  - зависит от числа Авогадро.
29. Ячейки Бенара и реакция Белоусова-Жаботинского пример:
  - диссипативных структур,
  - хаотического движения,
  - плазмы.
30. При бифуркации симметрия структуры:
  - уменьшается,
  - остается неизменной,
  - возрастает.

31. Основа фенотипа на Земле:
  - белки,
  - нуклеиновые кислоты,
  - сахара.
32. Основа генотипа на Земле:
  - белки,
  - нуклеиновые кислоты,
  - сахара.
33. В основе копирования генетической информации лежит:
  - принцип матричного копирования,
  - принцип случайной самосборки,
  - принцип самоорганизации.
34. В естественных условиях мутации:
  - случайны,
  - подчиняются определенному закону,
  - не происходят.
35. Информационные носители:
  - ферменты,
  - аминокислоты,
  - нуклеиновые кислоты.
36. Функциональные носители:
  - ферменты,
  - аминокислоты,
  - нуклеиновые кислоты.
37. В фенотипе усиление единичной мутации происходит в:
  - число раз порядка числа Авогадро,
  - число раз порядка числа особей в популяции,
  - усиление вообще не происходит.
38. При перестройке нелинейной системы максимум сопротивления приходится:
  - на самое плохое состояние,
  - раньше самого плохого состояния,
  - после самого плохого состояния.
39. При перестройке нелинейной системы:
  - итоговое улучшение сопоставимо с предварительным ухудшением,
  - итоговое улучшение никак не связано с предварительным ухудшением,
  - улучшения не происходит.
40. При перестройке нелинейной системы:
  - осуществляется плавный переход в лучшее состояние,
  - осуществляется предварительное ухудшение состояния,
41. Время жизни этноса по Гумилеву:
  - 1500 лет,
  - не ограничено,
  - разное для каждого этноса.
42. Максимум пассионарности приходится на:
  - фазу подъема,
  - фазу надлома,
  - акматическую фазу.
43. Наполеон, Суворов, Жанна д'Арк:
  - гармоничные личности,
  - пассионарии,
  - субпассионарии.
44. Механизм обеспечения гомеостаза:
  - обратные связи;
  - озоновый слой;
  - электромагнитное взаимодействие.
45. Во всех реакциях обмена, требующих затрат энергии энергетической "валотой" клетки является:
  - АТФ (аденозинтрифосфат),
  - диоксидфенилпрокарбонилметан,
  - расход электростатического потенциала организма.

46. Через синапс осуществляется:  
- выброс медиатора,  
- перенос электрического заряда.  
- перенос эритроцитов.
47. Пассионарии  
- живут, чтобы “работать”,  
- работают, чтобы жить,  
- приспособливаются, чтобы  
меньше работать.
48. Гармоничные личности  
- живут, чтобы “работать”,  
- работают, чтобы жить, ...
- приспособливаются, чтобы  
меньше работать.
49. Субпассионарии  
- живут, чтобы “работать”,  
- работают, чтобы жить,  
- приспособливаются, чтобы  
меньше работать.
50. Самоорганизация сопровождается  
- понижением симметрии,  
- повышением симметрии,  
- симметрия неизменна.

**ОТВЕТЫ:**

1-1, 2-2, 3-3, 4-1, 5-3, 6-2, 7-3, 8-2, 9-1, 10-1, 11-2, 12-1, 13-1, 14-2, 15-2, 16-1,  
17-1, 18-2, 19-3, 20-2, 21-2, 22-1, 23-1, 24-1, 25-1, 26-1, 27-1, 28-1, 29-1, 30-1,  
31-1, 32-2, 33-1, 34-1, 35-3, 36-1, 37-1, 38-2, 39-1, 40-2, 41-1, 42-3, 43-2, 44-1,  
45-1, 46-1, 47-1, 48-2, 49-3, 50-1.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хапачев Ю.П., Дышеков А.А., Оранова Т.И., Шустова Т.И. и Ивахненко Е.Н. Концепции современного естествознания / Под ред. Ю.П. Хапачева: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по гуманитарным специальностям. - Изд. третье - Нальчик / Каб.-Балк. ун-т, 1997. - С.272.
2. Хапачев Ю.П. Фундаментальные константы химии и биологии // Российский химический журнал. - 2000. - Т.44. - Вып. 3. - С.3-6.
3. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Теория равновесных систем. - М.: Изд-во МГУ, 1991. - С.800.
4. Климонтович Ю.Л. Критерии относительной степени упорядоченности открытых систем // УФН. - 1996. - Т.166. - №11. - С.1231-1243.
5. Арнольд В.И. Теория катастроф. - М.: Наука, 1990. - С.128.
6. Медников Б.М. Аксиомы биологии. - М.: Знание, 1982. - С.136.
7. Аветисов В.А., Гольданский В.И. Физические аспекты нарушения зеркальной симметрии биоорганического мира // УФН. - 1996. - Т.166. - №8. - С.873-891.
8. Шустова Т.И., Хапачев Ю.П. Физиологические основы жизнедеятельности человека, его поведения и потребностей. - Нальчик / Каб.-Балк. ун-т, 1996. - С.80.
9. Гумилев Л.Н. От Руси до России. - С.-Пб.: ЮНА, 1992. - С. 270.
10. Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. - М.: Молодая гвардия, 1990. - С.352.
11. Неeman Ю. Счастливый случай, наука и общество. Эволюционный подход // Путь, 1993. - №4.

## СОДЕРЖАНИЕ

Преамбула	3
Лекция 1. Дискурсия и интуиция. Критерий очевидности. Проблема научной аксиоматики	4
Лекция 2. Концепция дискретности и непрерывности в описания природы. Структурные уровни организации материи. Роль фундаментальных мировых констант	8
Лекция 3. Законы сохранения как следствие симметричных свойств пространства и времени	10
Лекция 4. Пространственно-временной континуум как следствие фундаментальной константы - скорости света	13
Лекция 5. Геометрия пространства-времени. Гравитация как следствие геометрии в парадигме Эйнштейна	19
Лекция 6. Входим в микромир. Константа Планка и волна де-Бройля. Принцип Неопределенности Гейзенберга. Спин	25
Лекция 7. Четыре фундаментальных взаимодействия: гравитационное, электромагнитное, слабое и сильное	29
Лекция 8. Сценарий "сотворения Мира"	33
Лекция 9. Закономерности макромира. Начала термодинамики Константа Больцмана	37
Лекция 10. Необходимые условия самоорганизации. Закономерности возникновения диссипативных структур. Универсальный критерий эволюции Гленсдорфа-Пригожина	42
Лекция 11. Критерий относительной упорядоченности живых систем. Эволюция и деградация. Основные закономерности перестроек	46
Лекция 12. Некоторые аксиомы химии. Время жизни активированного комплекса как фундаментальная химическая константа. Самоорганизация на химическом уровне. Концептуальные системы химии	51
Лекция 13. Аксиомы биологии. Биологические константы	55
Лекция 14. Структура и классификация потребностей человека	61
Лекция 15. Естественнонаучный подход к проблеме этногенеза	65
Лекция 16. Панорама "существования" "с высоты птичьего полета". Проблема эволюции науки. Парадигма естественной и гуманитарной культур	69
Тесты	74
Литература	78

### Список замеченных опечаток

Стр.	Напечатано	Должно быть
8	в описание природы	в описании природы
24	$7710^5$ км	$7710^5$ км
28	в долях константы)	в долях константы h)
43	упомянутый	упомянутые
70	<b>Напечатано:</b> дисперсия неаддитивных величин пропорциональна числу частиц в системе, т.е. $D_{\text{неад}} \sim N$ ; а дисперсия аддитивных величин обратно пропорциональна корню квадратному из числа частиц системы, т.е. $D_{\text{ад}} \sim 1/N$ . <b>Должно быть:</b> дисперсия неаддитивных величин обратно пропорциональна числу частиц в системе, т.е. $D_{\text{неад}} \sim 1/N$ ; а дисперсия аддитивных величин пропорциональна числу частиц системы, т.е. $D_{\text{ад}} \sim N$ .	

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

**Халачев Юрий Пшиканович**

**КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

Курс лекций

Редактор *Л.П. Кербиева*

Компьютерная верстка *В.Н. Мидовой*

Изд. лиц. № 020260 от 22.11.96. В печать 27.09.2000. Формат 60x84  $\frac{1}{16}$

Печать трафаретная. Бумага газетная. 4.59 усл.-п.л. 4.0 уч.-изд. л.

Тираж 500 экз. Заказ № 2770

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова

360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173

Типография КБГУ

360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173