

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ивановский государственный энергетический университет

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Методическое пособие

Иваново 2002г

ББК 20
Т46

Тихонов А.И. Концепции современного естествознания: Метод. пособие/ Иван. гос. энерг. ун-т.– Иваново, 2002.– 68с.

Рассмотрены основные вопросы курса «Концепции современного естествознания». Особое внимание обращено на формирование механистического подхода в классический период развития науки и переход науки на новую парадигму системного подхода на современном этапе. Акцентируется парадоксальный характер современной науки, изучающей противоречивый мир, где наряду с принципами симметрии, закономерности присутствует доля свободы выбора, случайности. Рассмотрены основные моменты развития научного представления о природе феномена жизни. Проведены примеры действия наиболее общих законов природы на разных уровнях иерархии природных систем. Анализируется место человека в природе и причины наших экологических проблем.

Пособие предназначено для студентов гуманитарных факультетов вузов, может быть также полезно и для студентов технических факультетов.

Ил.12. Библиогр. 33 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ивановского государственного энергетического университета

Научный редактор
М.Н.Шипко, проректор по международным связям ИГЭУ

Рецензенты:
Е.Б.Герасимов, доцент кафедры физики и высшей математики ИСХА
Г.В.Попов, заведующий кафедрой БЖД ИГЭУ

1. Общие вопросы

1.1. Актуальность предмета

В основе мировоззренческой платформы любого человека лежат его представления о картине мира. Как устроена Вселенная, какие законы лежат в основе ее динамики, существовала ли она вечно, или имела начало, как и когда во Вселенной зарождается жизнь, в чем смысл жизни, какое место во Вселенной занимает человек? В зависимости от ответа на подобные вопросы человек строит свое поведение и отношение к миру.

Целью школьного образования в числе прочего является формирование в человеке такого миропонимания, которое соответствует научным представлениям. Однако современная наука давно вышла за границы обыденного мышления человека. Некоторые научные теории кажутся совершенно далекими от понятия здравого смысла. *Современная картина мира полна парадоксов*. Поэтому школьная программа в основном рассматривает теории столетней (и более) давности и очень осторожно подходит к изучению вопросов теории относительности, квантовой механики, практически за пределами рассмотрения оказываются вопросы теории самоорганизации, системной динамики и т.п. Это создает у школьников устаревшее представление о строении мира. Имеющиеся попытки преодоления такого состояния дел пока еще не выходят за рамки экспериментальных учебных программ.

Студенты вузов, где естественные науки являются профилирующими, ближе знакомятся с достижениями и проблемами современного естествознания. Однако и здесь мало внимания обращается на формирование у студентов целостной картины мира. Что касается философии, на которую обычно возлагается задача формирования мировоззренческой платформы студентов, то следует признать, что она оперирует такими абстрактными категориями, которым иногда трудно найти соответствие в реальном мире. Особенно тяжело студентам-гуманитариям, которые вообще не получают информации о современном состоянии естественных наук и вынуждены довольствоваться такими представлениями о Вселенной, которые были актуальными в лучшем случае лишь в начале двадцатого века.

Курс «Концепции современного естествознания» призван сформировать *целостное представление о мире, опирающееся на достижения современной науки*, необходимое для любого образованного человека.

1.2. Естественные и гуманитарные науки

Наука занимается изучением объективно существующих (т.е. существующих независимо от чьего-либо сознания) явлений природы. Все научные дисциплины условно разделены на две основные группы: естественно-научные (занимаются изучением объектов и явлений, не являющиеся продуктом деятельности человека или человечества) и гуманитарные (изучают явления и объекты, возникшие как результат деятельности человека).

Любая наука ставит перед собой целью раскрытие механизмов явлений, законов, по которым строится реальность. Это позволяет прогнозировать результаты протекания процессов, использовать их в своих целях. Объектами изучения гуманитарных наук (история, социология, лингвистика, экономика, правоведение и т.п.) является человек и отношения между людьми. Поэтому изучаемые ими законы несут на себе отпечаток субъективности, что часто вызывает массу споров об их справедливости. Предметом изучения естественных наук (физика, астрономия, космология, космогония, химия, биология, география и т.п.) является природа. Формулировки законов природы не допускают субъективности, хотя, как выясняется, полностью избежать этого не удается.

1.3. Естествознание и религия

Все естественные науки, так или иначе, зародились в недрах монастырей, где монахи стремились познать величие творения Божьего - Вселенной. Изначально наука и религия были неразделимы и представляли собой единый метод познания мира. Практически все первые ученые (Коперник, Галилей, Ньютон) были глубоко верующими людьми. По мере совершенствования научного метода познания все более четко оформляется расхождение между научным и религиозным миропониманием.

В мышлении человека можно выделить две составляющие: *рассудок* и *интуицию*. *Наука абсолютизировала рассудочный, то есть формально-логический метод познания мира, позволяющий успешно вскрывать детали и механизмы явлений, однако упускающий из вида целостность и органичность мира. Поэтому наука тяготеет к тому, чтобы представить мир как саморазвивающийся механизм, в котором господствуют «слепые» законы природы. Религия последовательно развивала интуитивно-созерцательный метод познания, позволяющий почувствовать целесообразность мироустройства, наличие в нем разумной составляющей, однако плохо отражающий детали явлений.*

Противопоставление двух методов познания достигло состояния антагонизма в XIX - XX веках. В настоящее время в рамках системного подхода наметилась тенденция к формированию новой концепции миропонимания (новой научной парадигмы), позволяющей совместить в себе достижения обоих методов познания.

1.4. Естествознание и философия

Философия (гр. любовь к мудрости) считается матерью всех наук. Естествознание выделилось из философии сначала как натурфилософия (философия природы), которая впоследствии породила целую гроздь конкретных естественно-научных дисциплин. *Современная философия пытается сформулировать наиболее общие законы природы, лежащие в основе мироздания.* Естественные науки рассматривают более узкий и более конкретный круг вопросов.

Современная научно-техническая революция породила проблему, напоминающую легенду о Вавилонской башне: огромное количество узких научных направлений создало множество специальных языков, на которых способно разговаривать только незначительное количество представителей данной научной дисциплины. Взаимное непонимание представителей различных наук грозит тем, что мы однажды запутаемся в собственном информационном хаосе. *Цель философии состоит именно в том, чтобы на основе достижений отдельных наук построить обобщенную картину мира.* В этом смысле курс «Концепции современного естествознания» несет в себе философский оттенок. Однако он более конкретен, более приближен к языку естествознания, чем философия, которая разговаривает на более абстрактном языке.

1.5. Место математики среди естественных наук

Без математики сегодня не обходится практически ни одна естественная наука. Сама математика не является естественной наукой в полном смысле этого понятия, поскольку не занимается изучением каких-либо объектов или явлений реального мира. В основе математики лежат *аксиомы*, придуманные человеком. Для математики не имеет решающего значения вопрос, справедливы ли эти аксиомы? Так, в настоящее время благополучно сосуществует несколько геометрий, основанных на несовместных друг с другом системах аксиом. Для математики важна лишь *логическая строгость выводов*, делаемых на основе аксиом и предшествующих теорем. В этом главное отличие математики от естествознания, для которого важно, соответствует ли теоретическое построение реальности. При этом в качестве критерия

истинности естественно-научных знаний выступает *эксперимент*, в ходе которого осуществляется проверка теоретических выводов.

В ходе изучения свойств реальных объектов часто оказывается так, что они приближенно соответствуют аксиоматике того или иного раздела математики. Это позволяет использовать математический аппарат в качестве инструмента для анализа свойств реальных объектов. Формальный характер математических зависимостей позволяет перенести их на объекты самой различной природы. Так например, одними и теми же по форме дифференциальными уравнениями описываются переходные процессы как в технических, так и в экологических и даже в социальных системах. Таким образом, *математика оказывается одним из общих языков, на котором могут разговаривать представители разных ветвей естествознания.*

Опыт развития современного естествознания показывает, что на определенном этапе развития естественно-научных дисциплин неизбежно происходит их математизация, результатом которой является создание логически стройных формализованных теорий и дальнейшее ускоренное развитие дисциплины.

1.6. Структура естественно-научных знаний

Окружающие нас объекты природы имеют внутреннюю структуру, т.е. в свою очередь сами состоят из других объектов. При этом возникают различные по сложности *уровни организации материи*: космический, планетарный, геологический, биологический, химический, физический. Соответственно возникло деление естественно-научных знаний на отдельные *дисциплины*, примерно соответствующие вышперечисленным уровням организации материи: астрономию, экологию, геологию, биологию, химию и физику. Специалисты, работающие на своем уровне, опираются на знания смежных наук, находящихся ниже по иерархической лестнице. В то же время при изучении “элементарных” объектов весьма полезны знания об их поведении в сложных системах, где при взаимодействиях с другими элементами проявляются свойства изучаемых. Поэтому все науки связаны друг с другом.

1.7. История естествознания

В истории естествознания можно выделить ряд этапов.

1. *Естествознание древнего мира.* Деления на дисциплины не существовало, создаваемые концепции носили мировоззренческий характер. Роль решающего критерия истинности эксперименту не

отводилась. Верные наблюдения и гениальные догадки сосуществовали с умозрительными и часто ошибочными построениями.

2. *Классический период.* Берет свое начало с экспериментальных работ Галилея (XVIII век) и длится до начала нашего столетия. Характеризуется четким разделением наук. Эксперимент рассматривается не только как критерий истинности, но и как основной инструмент познания. Результаты экспериментов распространяются даже на те области и проблемы, где соответствующей проверки не производилось. При обнаружении расхождений таких концепций с реально наблюдаемыми явлениями возникало недоумение и попытки отрицания возможности познания мира.
3. *Современное естествознание.* Характеризуется лавинообразным накоплением нового фактического материала и возникновением множества новых дисциплин на стыках традиционных. Резкое удорожание науки, особенно экспериментальной. Как следствие - возрастание роли теоретических исследований. Роль эксперимента как критерия истинности знания сохраняется, но признается, что само понятие истинности не имеет абсолютного характера: утверждения, истинные при определенных условиях, при выходе за границы, в рамках которых проводился эксперимент, могут оказаться приближенными и даже ложными. Современное естествознание утратило присущую классическим знаниям простоту и наглядность. Это произошло потому, что *наука углубилась в области, где обычный "жизненный" опыт и знания об объектах и происходящих с ними явлениях отсутствуют.*

1.8. Принцип детерминизма

Краеугольным камнем современного естествознания является принцип *детерминизма* (определенности), состоящий в глубокой убежденности, что все явления взаимообуславливают друг друга, выходя по отношению друг к другу в роли причин и следствий. Другими словами, миром правят объективные законы, которым подчиняются все объекты этого мира. Это значит, что, зная эти законы и исходные условия, можно прогнозировать ход протекания природных процессов. Правда, в отличие от науки, скажем, девятнадцатого века, уверенной в возможности точного и однозначного прогнозирования будущего, современный детерминизм является вероятностным. То есть считается, что точное прогнозирование будущего невозможно, зато можно рассчитать вероятность свершения того или иного события. Реальные явления, повторяясь во множестве, подтверждают наши вероятностные прогнозы. Другими словами, законы природы до сих пор считаются

факторами, определяющими ход процессов, они лишь утратили былую математическую точность в отношении каждого конкретного события.

1.9. Научный метод исследования явлений природы

В основе научного метода познания лежит эксперимент. *Знание, не подтвержденное в эксперименте, нельзя считать научным.* Природа не всегда удовлетворяет требованиям нашего здравого смысла. Некоторые природные закономерности не укладываются в обывательном понимании человека. Поэтому умозрительные выводы, кажущиеся на первый взгляд очевидными, могут оказаться совершенно ошибочными. Сила науки в ее экспериментальной обоснованности. Следует добавить, что единственный эксперимент еще не свидетельствует о научности полученного знания, важным критерием которого является *повторяемость* во многих экспериментах, проводимых при одинаковых условиях. Эксперименту обычно предшествует *наблюдение* за явлениями природы, являющееся еще одной составляющей научного метода. Современная наука немыслима также и без такого важного компонента научного метода, как *измерение*. Наблюдение, эксперимент и измерение составляют опытную, или *эмпирическую*, сферу научного метода, наряду с которой в научном методе важное место занимает *теоретическая* сфера, которая оперирует такими категориями, как *проблема, гипотеза, теория*.

1.10. Приближенный характер естественно-научных знаний

Окружающий нас мир оказался очень сложным. *Любое явление природы связано со всеми остальными явлениями Вселенной бесконечным количеством связей.* Исчерпывающее описание такого явления оказывается невозможным. Поэтому на практике исследование явления сознательно упрощается путем замены данного явления *моделью*, учитывающей только самые важные элементы и процессы. Такое добровольное самоограничение позволяет выявить основные механизмы явлений природы. Однако мы заранее вносим в наши знания элемент округления. Кроме того, элемент неопределенности присутствует в самих законах природы (например квантовая неопределенность). Накапливаясь со временем, теоретические упрощения могут привести процесс познания к существенным ошибкам. Так в настоящее время за пределами естественно-научного понимания оказывается природа некоторых очевидных феноменов, таких как жизнь, сознание, целесообразность мироустройства и т.п. Это является главной проблемой естествознания. Если же какой-то класс явлений не столь очевиден, если

он редко встречается в природе, то мы рискуем просто «потерять» его из картины мира или же отнести его в разряд мистики.

1.11. Механистический и системный подходы в естествознании

Изначальная ориентация естествознания на раскрытие механизмов явлений природы, успехи, достигнутые на этом пути в классический период развития, породили в естествознании иллюзию того, что весь мир подобен исключительно сложному механизму, состояние которого можно описать однозначно и математически точно. В конце XIX века естествознание перетерпело коренную ломку, в ходе которой оно утратило былую точность и непротиворечивость. Оказалось, что значительный класс явлений может быть описан только методами теории вероятностей. *Природа оказалась противоречивой.* Лишь с середины XX века в науке наметилась тенденция к преодолению кризиса непонимания сути явлений природы, что к настоящему времени оформилось в так называемый *системный подход*, который призван трансформировать научный метод познания под идею признания противоречивости мира. Здесь же просматривается тенденция к сближению науки и религии, а также всех достижений человеческой культуры, в частности искусства, в единый интегрированный метод познания мира.

2. Механистический период естествознания

2.1. Ньютоновское представление о пространстве и времени

В основе современного научного миропонимания лежит признание фундаментальности *пространства* и *времени*. Эта традиция восходит к временам Галилея и Ньютона. Так Ньютон всю свою механику строил на законах, в которых в качестве физических величин фигурировали пространственные координаты x, y, z (или вектор \mathbf{r}) и время t . И пространство, и время Ньютон определял как особого рода вместилище материальных объектов, способное существовать даже при условии отсутствия этих объектов. И пространство, и время он наделял свойствами *бесконечной протяженности* и *бесконечной делимости* (именно Ньютон ввел понятие бесконечно малой величины и разработал дифференциальное исчисление). В качестве аксиомы принимался абсолютный характер пространства и времени, то есть считалось, что *их свойства не зависят от наличия или отсутствия в них материальных объектов.*

Для ньютоновского пространства справедлива геометрия Евклида, которая базируется на нескольких определениях идеальных геометрических объектов (точка, прямая, поверхность и т.п.) и аксиомах, постулирующих основные отношения между этими объектами. Все более сложные отношения можно сформулировать в качестве теорем или геометрических задач, которые проецируются на систему аксиом в целях выяснения противоречивости или непротиворечивости того или иного утверждения. Критерием истины (правильности решения геометрической задачи) является отсутствие противоречий с системой аксиом.

Аналогичный формально-логический подход был положен в основу всего метода познания, предложенного Ньютоном.

2.2. Принцип инерции и принцип относительности Галилея

Одним из первых основополагающих событий, знаменующих собой начало классического периода естествознания, явилась формулировка Галилеем *принципа инерции* и *принципа относительности*.

Принцип инерции утверждает, что любое тело сохраняет состояние покоя или движется равномерно и прямолинейно до тех пор, пока воздействие других тел не выведет его из этого состояния.

Принцип относительности утверждает, что если система движется равномерно и прямолинейно, то, не выходя за ее пределы, никакими приборами невозможно обнаружить факт ее движения или покоя, так как такое движение не влияет на ход процессов, протекающих в данной системе. Какое из тел, движущихся равномерно и прямолинейно, действительно движется, а какое покоится однозначно сказать невозможно. Только задавшись точкой, относительно которой мы будем измерять характеристики движения (например скорость), можно внести в задачу элемент определенности. Таким образом, впервые появилась необходимость ввести в задачи механики понятие *системы отсчета*.

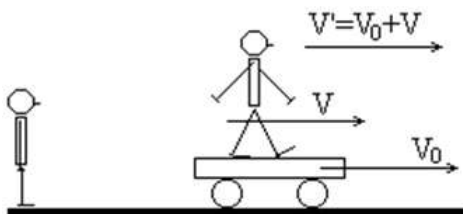


Рис. 1. Правило сложения скоростей Галилея

Важнейшим результатом принципа относительности явилось *правило сложения скоростей* (рис.1) ($v' = v_0 + v$, где v' - скорость движения тела относительно неподвижной системы отсчета, v_0 - скорость движения подвижной системы отсчета относительно неподвижной, v - скорость движения тела относительно подвижной системы отсчета) и преобразование координат ($x' = x - v_0 t$, $y' = y$, $z' = z$, где x', y', z' - координаты тела в неподвижной системе координат, x, y, z - координаты тела в системе координат, движущейся относительно неподвижной со скоростью v_0 в направлении оси x').

2.3. Законы механики Ньютона

Отцом научного метода познания мира по праву можно считать Ньютона, который развил идеи Галилея и оформил механику в единую стройную систему, разработав для нее мощный математический аппарат. В основе механики Ньютона лежат три основополагающих закона:

- 1) *первый закон Ньютона* утверждает, что инерциальные системы отсчета существуют, то есть в некоторых системах отсчета действительно невозможно никакими опытами однозначно определить движется ли данная система прямолинейно и равномерно или покоится;
- 2) *второй закон Ньютона* утверждает, что в инерциальных системах ускорение тела пропорционально приложенной силе, являющейся количественной мерой взаимодействия (коэффициент пропорциональности между силой и ускорением называют массой тела): $F = ma$;
- 3) *третий закон* утверждает, что при взаимодействии оба объекта испытывают действия одинаковых и противоположно направленных сил.

2.4. Взаимодействия. Концепция поля, гравитационное и электромагнитное поля. Волновая теория света

Для обозначения меры взаимодействия тел Ньютон ввел понятие *приложенной силы*, которая определяет ускорение тела. Причем среди взаимодействий можно выделить два типа:

- 1) *близкодействие* - непосредственный контакт или передача взаимодействия с помощью посредника, несущего в себе импульс mv , например, обмен, когда один человек бросает другому тяжелый предмет, оба ощущают отдачу; скорость изменения импульса и будет силой;

- 2) *дальнодействие* - передача взаимодействия через разделяющее тела пространство без материальных посредников.

Ньютон был противником концепции дальнодействия, однако наличие в природе таких явлений, как гравитация, электричество и магнетизм, не укладывалось в концепцию близкодействия. Поэтому об их природе Ньютон предпочитал не рассуждать, оставляя эту проблему на долю потомков.

Долгое время считалось, что абсолютное пространство заполнено особого рода средой – *эфиром*. Именно волны в эфире передают взаимодействие от одних тел к другим, подобно тому, как волны на поверхности воды приводят в движение поплавок. И действительно, например, такое «дальнодействующее» явление, как свет, явно обнаруживает в опытах волновые свойства, аналогичные тем, которые характерны для любых волновых процессов (дифракция и интерференция). Позднее из работ Максвелла стало понятно, что свет является частным случаем проявления электромагнетизма. Он же впервые ввел понятие *электромагнитного поля*, как особого состояния пространства, которое содержит в себе и окружает тела, находящиеся в электрическом и магнитном состояниях. Впервые прозвучало, что поле – это *характеристика самого пространства*, которое может оказывать силовое влияние на тела, помещенные в него.

2.5. Законы сохранения

То, что в природе действуют принципы сохранения, ученые догадывались давно. Первым законом сохранения можно считать *закон сохранения вещества*, сформулированный Ломоносовым. Он же указывал и на то, что движение также должно сохраняться, «ибо тело, движущее своею силою другое, столько же оныя у себя теряет, сколько сообщает другому, которое у него движение получает». Позднее были сформулированы *законы сохранения количества движения (импульса mv) и энергии*. Важная роль в рождении закона превращения и сохранения энергии принадлежит ученым Мейеру, высказавшему идею о возможности взаимного превращения тепла и механической работы, Ленцу, впервые вычислившему механический эквивалент теплоты, и Гельмгольцу, сформулировавшему закон сохранения энергии и понявшему его всеобщий смысл.

Позднее был сформулирован еще ряд законов сохранения (*законы сохранения момента импульса, электрического заряда, четности и т.п.*). Создается впечатление, что во Вселенной есть нечто, чего нельзя породить или уничтожить. Мы можем не знать механики какого-либо процесса, однако, опираясь на законы сохранения, мы можем заранее

предсказать последствия (примером являются школьные задачи на законы сохранения энергии и импульса). Такой подход к пониманию мира называется *холистским* (от слова холо – целостность), в отличие от *редукционистского* (от слова редукцио - сокращать) подхода, который опирается на знание причинно-следственной механики процесса.

Оба подхода хорошо представлены в науке. Так механика Ньютона является типично редукционистской, в то время как механика Лагранжа – типично холистской. Лагранж положил в основу механики вариационный *принцип наименьшего действия* (действие – есть интеграл от разницы кинетической и потенциальной энергии тела по времени): любое тело движется по тем траекториям, которым соответствует наименьшее действие. *Из вариационных принципов при условии симметрии пространства и времени следуют все законы сохранения.*

Холистский подход изначально предполагает наличие в природных процессах фактора целесообразности, оптимальности. Это приводит к спорам о наличии во Вселенной разумной составляющей (Бога). Наука классического периода стремилась изгнать из своих стен любые гипотезы, связанные с присутствием Бога во Вселенной, поэтому редукционистский подход был поставлен во главу угла, что породило в науке *механистическое представление о мире*. Особенно сильно механистический подход утвердился в науке после создания молекулярно-кинетической теории, которая рассматривает теплоту, как частный случай механического движения молекул. Это давало основание думать, что в основе всех явлений мира лежит механическое движение. Отрицание разумной составляющей в природе породило полное непонимание природы человеческого разума, а также всего феномена жизни.

2.6. Стрoение солнечной системы

Одним из наиболее значительных успехов классического естествознания, основанного на механике Ньютона, было практически исчерпывающее описание наблюдаемого движения небесных тел.

Первоначально считалось, что Земля неподвижна, а движение некоторых небесных тел (планет) казалось весьма сложным. Галилей одним из первых высказал предположение о том, что наша планета не является исключением и тоже движется вокруг Солнца. Эта концепция была встречена достаточно враждебно. Тихо Браге решил не принимать участия в дискуссиях, а заняться непосредственными измерениями координат тел на небесной сфере. Позднее данные Тихо попали к Кеплеру, который нашел простое объяснение наблюдаемым сложным траекториям, сформулировав три закона движения планет вокруг

Солнца. Согласно этим законам планеты двигаются по эллиптическим орбитам, в одном из фокусов которых находится Солнце, со скоростями, которые изменяются в соответствии с принципом сохранения момента импульса. Прямым доказательством суточного вращения Земли был эксперимент, поставленный Фуко, в котором плоскость колебаний маятника поворачивалась относительно поверхности вращающейся Земли.

Теория гравитации Ньютона, согласно которой любые два массивных тела притягиваются друг к другу с силой $F=G \cdot m_1 \cdot m_2/r^2$, указала причину, обуславливающую движение космических тел по законам Кеплера, правильно предсказала и объяснила особенности их движения в более сложных случаях, позволила в одних терминах описать многие явления космического и земного масштабов.

2.7. Строение вещества. Строение атома

Вторым важным успехом классического естествознания, было создание объяснение известных из экспериментов законов идеального газа, что окончательно доказало, что все вещества состоят из *молекул*, находящихся в постоянном хаотичном движении и взаимодействующих друг с другом. Данные химии свидетельствовали о том, что сами молекулы не всегда являются элементарными «кирпичиками» мироздания. Одни вещества (сложные) можно было получить путем химического соединения других веществ, другие же (простые, или элементы) - нет. Значительным событием в химии, позволившим систематизировать многие эмпирические факты стало создание Менделеевым периодической таблицы элементов. Мельчайшие частицы элементов получили название *атомов*. Молекулы сложных веществ являются разного рода комбинациями (соединениями) атомов.

В конце XIX века из опытов Резерфорда было установлено, что атом является почти пустым. Почти вся его масса сосредоточена в центральной области, размеры которой несоизмеримо малы с размерами всего атома в целом, имеющей положительный электрический заряд. Все остальное пространство атома заполнено какой-то средой с отрицательным зарядом. Основываясь на открытии электрона, Резерфорд построил модель атома, которая впоследствии была модифицирована Бором и другими учеными. Согласно этой модели атом имеет положительно заряженное ядро (состоящее из протонов и нейтронов), вокруг которого по определенным орбитам вращаются электроны, число которых равно заряду ядра (то есть числу протонов в нем).

2.8. Статистическое описание равновесных систем. Концепции порядка и хаоса в естествознании

Важнейшим успехом термодинамики классического периода явилась формулировка так называемого второго начала термодинамики, согласно которому *тепло самопроизвольно может передаваться только от тел с большей температурой к телам с меньшей температурой и никогда наоборот*. Для характеристики направленности процессов теплопередачи была введена величина $S=dQ/T$, названная *энтропией* (дословно «способность к превращениям»). В конце прошлого века Больцман убедительно показал, что энтропия является мерой хаоса, мерой неопределенности, непредсказуемости состояния системы ($S=k \ln W$, где k - постоянная Больцмана, W – статистический вес состояния системы). Таким образом, впервые в законы естествознания был внесен элемент вероятности, после чего математические методы теории вероятностей твердо обосновались в «точных» естественных науках.

С точки зрения *второго начала термодинамики*, который, как выяснилось, имеет статус всеобъемлющего закона, справедливого для всех явлений природы, *любой относительно изолированный процесс может протекать только в направлении нарастания энтропии*, то есть хаоса и неопределенности в состоянии системы (все старится и разрушается). Даже Вселенную в целом, по мнению Больцмана, однажды ожидает «тепловая смерть», когда ее энтропия достигнет максимума.

2.9. Концепция биологической эволюции

Принцип роста энтропии входил в прямой конфликт с достижениями другой естественно-научной дисциплины – биологии, где примерно в то же самое время был сформулирован принцип *биологической эволюции*, движущей силой которой, по мнению Дарвина, является *естественный отбор*. В процессе эволюции происходит формирование новых видов живых организмов, которые, подчиняясь требованиям окружающей среды, оказываются все более сложными и совершенными, по сравнению со своими предшественниками. Таким образом, естествознание впервые вышло на уровень формулировки фундаментальных законов, описывающих живой мир. И сразу же возникает парадокс несогласия с данными физики, где уже твердо обосновался принцип роста энтропии. Не случайно Больцман считал, что жизнь является следствием глобальной случайности, имеющей крайне малую вероятность возникновения. С точки зрения физики XIX века, возник-

нув однажды, любая упорядоченная система (например живой организм или жизнь вообще) может только разрушаться, деградировать. В то же время мы воочию можем наблюдать, например, как формирует сам себя организм ребенка, упорядочивая рассеянные в окружающей среде элементы.

Парадоксы подобного рода вообще типичны для механистической картины мира. Их причина стала понятной только в XX веке.

3. Кризис ньютоновской концепции пространства-времени

3.1. Кризис теории эфира. Постоянство скорости света

К числу противоречий, характерных для естествознания конца XIX века, можно отнести факт несимметрии уравнений Максвелла для электромагнитного поля по отношению к различным системам отсчета. Система уравнений, в справедливости которой никто не сомневался, давала разные решения для случаев, например, когда источник света движется навстречу наблюдателю, и когда наблюдатель движется навстречу источнику света, что противоречило принципу относительности Галилея, в справедливости которого также никто не сомневался. Для симметрии уравнений Максвелла было необходимо, чтобы в любой инерциальной системе отсчета скорость света имела одну и ту же величину, что противоречит правилу сложения скоростей Галилея.

Для выхода из создавшегося положения Лоренц чисто математически вывел такие преобразования координат, которые соответствовали бы симметрии уравнений Максвелла. Однако они существенно отличались от преобразований Галилея. Из них, в частности, следовало, что все тела в процессе движения деформируются (укорачиваются) вдоль линии движения. Это придавало симметрию системе уравнений Максвелла, но оставался вопрос о природе подобного укорочения. Попытки объяснить данный феномен с помощью «эфирного ветра» потребовали экспериментальных подтверждений самого факта наличия эфира в пространстве Вселенной. Наличие эфира могло бы как-то обосновать постоянство скорости света, так как распространение волн в любой среде происходит с постоянной скоростью.

В 1881 г. Майкельсон провел опыт с использованием изобретенного им интерферометра, который доказал отсутствие эфирного ветра и

эфира вообще. Абсолютное ньютоновское пространство оказалось пустым. В физике назрел кризис непонимания.

3.2. Теория относительности Эйнштейна

Выход из положения нашел Эйнштейн, который в качестве основного постулата своей теории признавал принцип относительности Галилея, из которого, в частности, следует, что во всех инерциальных системах отсчета законы природы должны описываться одинаковыми по форме законами. То есть система уравнений Максвелла должна быть симметричной относительно перехода из одной системы отсчета в другую. Это возможно только в том случае, если скорость света в разных системах отсчета равна одной и той же величине, независимо оттого, что сами эти системы могут двигаться относительно друг друга с разными скоростями.

Это крайне парадоксально с точки зрения житейского опыта, так перестает работать совершенно понятное нам правило сложения скоростей Галилея. Так если ракета движется относительно наблюдателя со скоростью,

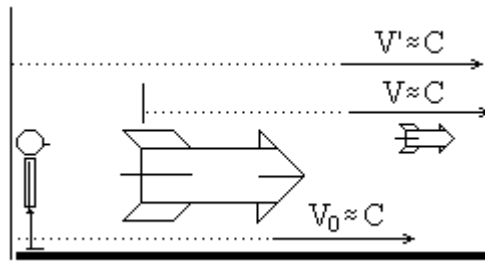


Рис. 2. Релятивистское правило сложения скоростей

приблизительно равной скорости света $V_0 \approx C$ (рис.2), а относительно ее движется другая ракета со скоростью также приблизительно равной скорости света $V \approx C$, то относительно неподвижного наблюдателя вторая ракета будет двигаться вовсе не с двойной скоростью света $V' = V_0 + V \approx 2C$, как это следует из правила сложения скоростей Галилея, а со скоростью приблизительно равной скорости света. Тем не менее, это полностью соответствовало преобразованиям Лоренца. Поэтому факт постоянства скорости света во всех инерциальных системах отсчета Эйнштейн принял в качестве второго постулата своей теории, которая была названа *специальной теорией относительности*.

Из данной теории, в частности, следовало, что пространство и время вовсе не являются чем-то абсолютным и независимым от присутствия в нем материальных тел. При движении тела относительно наблюдателя оно вовсе не деформируется, как предполагал Лоренц,

деформируется само пространство. При этом наблюдателю кажется, что размеры тела (и всех пространственных размеров) в направлении движения сокращаются, то есть $L = L_0 \cdot \sqrt{1 - (v/c)^2}$, где L - длина движущегося тела, L_0 - длина покоящегося тела, v - скорость движения тела, c - скорость света. Время в движущейся системе отсчета также «укорачивается» (замедляется): $t = t_0 \cdot \sqrt{1 - (v/c)^2}$.

Парадокс в том, что сам объект никаких деформаций и замедления времени не ощущает. Более того, в силу принципа относительности, в системе отсчета, связанной с этим телом, кажется, что тело покоится, а наблюдатель движется относительно него со скоростью v . Это значит, что именно наблюдатель укорачивается в направлении своего движения, и у него замедляется время, хотя сам наблюдатель так вовсе не думает.

Эти рассуждения приводят к возникновению так называемого *парадокса близнецов*. Допустим, два близнеца родились практически одновременно, затем один из них отправился в космическое путешествие, развив при этом относительно первого близнеца скорость v , а затем оба встретились вновь. Кто из них окажется моложе, у кого время текло медленней?

Решение данной проблемы привело Эйнштейна к созданию так называемой *общей теории относительности*, явившейся попыткой построить стройную картину мира, опирающуюся на постулат постоянства скорости света. Здесь Эйнштейн ввел еще один *постулат об эквивалентности гравитационной и инерционной масс*.

Вообще говоря, масса – это коэффициент пропорциональности в формулах $P=m \cdot g$ и $F=m \cdot a$. Несмотря на похожесть, формулы абсолютно разные. В первом случае масса есть мера гравитационного притяжения тел друг другу, во втором случае масса есть мера инертности, сопротивляемости тела попыткам изменить его положение по отношению к другим телам. Эйнштейн предположил, что $m_g = m_i$. Это значит, что искусственная гравитация, создаваемая, например, при ускорении тела, ничем не отличается от естественной гравитации, создаваемой, например, планетой.

С ростом скорости тела растет его масса $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$ и за-

медляется время. Масса и время оказываются связанными и в покоящейся системе: *вблизи массивных тел, где сильна гравитация, время замедляется*. Если тело ускоряется, то есть создается искусственная гравитация, то время также замедляется. Отсюда вывод: моложе ока-

жется тот из близнецов, который ускорился и замедлился, то есть который улетал, а затем вернулся.

Из общей теории относительности следует множество интересных выводов. В частности было получено уравнение полной энергии любого тела (потенциальная + кинетическая): $E=mc^2$. Приращение кинетической энергии в процессе разгона тела эквивалентно увеличению массы тела. Если два тела взаимодействуют друг с другом так, что их потенциальная энергия равна U , то масса всей системы M будет равна $M=m_1+m_2+U/c^2$. То есть впервые было установлено, что *понятия массы и энергии тесно связаны друг с другом*.

Не менее интересны результаты распространения теории относительности на электромагнетизм. В частности выяснилось, что от понятия магнетизма можно, по сути дела, просто избавиться, сведя его к релятивистским (релятивизм – относительность) эффектам, возникающим при движении заряженных частиц.

До сих пор многие ученые не оставляют попыток опровергнуть теорию относительности. Особенно «неприятен» для нас запрет на полеты со скоростью, превышающей скорость света (при $v=c$ масса увеличивается до бесконечности, время останавливается, пространство в направлении движения вырождается в ноль). Однако данная теория имеет массу экспериментальных подтверждений: *дефект масс* (продукты расщепления ядра атома весят больше исходного ядра), отклонение луча света гравитацией, увеличение времени жизни частиц, двигающихся с большими скоростями и т.п. При малых скоростях все формулы переходят к привычному для нас виду.

3.3. Геометрия Минковского. Современные представления о пространстве-времени

Геометрия Евклида не является единственно возможной геометрией мира. В конце XIX века Лобачевский решил отказаться от пятой аксиомы Евклида о том, что параллельные прямые не пересекаются (сумма углов треугольника равна 180^0) и построил свою геометрию на гиперповерхности, в которой, например, сумма углов треугольника могла быть меньше 180^0 . Позднее Риман сформулировал принципы геометрии на сфере, в которой сумма углов в треугольнике могла быть больше 180^0 . Эти чисто математические построения сначала считались фантазиями математиков. Однако с созданием теории относительности Эйнштейна оказалось, что и геометрия Лобачевского и геометрия Римана имеют место в природе.

Наиболее полное описание геометрии мира дал Минковский в 1908г. Он показал, что если в качестве четвертой координаты про-

странства взять время (t), умноженное на скорость света (c) и на мнимую единицу (i), то *мир можно рассматривать как некий единый пространственно-временной четырехмерный континуум*. Причем все основные принципы и соотношения, характерные для традиционной геометрии сохраняются. Правда, величины, которыми оперирует данная геометрия, оказываются комплексными.

В геометрии Минковского все формулы теории относительности вытекают как следствия особой геометрии мира. Например, *гравитация вытекает как следствие искривления пространственно-временного континуума вблизи массивных тел*. Появился соблазн свести к геометрическим построениям всю физику взаимодействий. Однако уже в плане электромагнетизма геометрический подход к пониманию природы применить оказалось достаточно сложно. Здесь пришлось вводить дополнительное пятое измерение.

В настоящее время до сих пор ведутся работы по созданию единой теории взаимодействий, опирающиеся на геометрическую постановку вопроса. Считается, например, что все известные в настоящее время виды взаимодействий можно свести в единую концепцию, если признать, что мир имеет 11 пространственно-временных измерений.

3.4. Парадоксы космологии. Космологические модели Фридмана. Разбегание галактик (закон Хаббла)

Успехи теории Эйнштейна позволили обобщить ее выводы на Вселенную в целом. Здесь ученые также столкнулись с рядом парадоксов. В первую очередь это так называемый *фотометрический парадокс*, который говорил, что если количество звезд во Вселенной и время жизни Вселенной бесконечны, то ночное небо должно быть заполнено звездами и ярко светиться. Значит, *Вселенная не бесконечна ни в пространстве, ни во времени*.

Эйнштейн предложил модель Вселенной, замкнутой в четвертом (временном) измерении, наподобие того, как двухмерная Вселенная может быть замкнута в третьем измерении в сферу. Замыкание Вселенной происходит под действием сил гравитации, искривляющих пространство-время так, что любой световой луч не может выйти за пределы Вселенной. Таким образом, количество объектов во Вселенной оказывается ограниченным, как ограничено количество точек, которые мы можем поставить на поверхности шара. В то же время Вселенная оказывается бесконечной в том же смысле, как бесконечна поверхность шара (рис.3).

Однако непонятно, почему такая Вселенная не «схлопывается» под действием сил гравитации. Для объяснения стационарности Вселенной

Эйнштейн предложил ввести в рассмотрение новый вид сил, под действием которых удаленные космические тела отталкиваются друг от друга, компенсируя гравитационное притяжение. Это была надуманная мера, которая, тем не менее, хорошо согласовывалась с теорией.

В середине 20-х годов XX века Фридман построил математическую модель Вселенной с однородным распределением вещества в ней и установил, что *из-за действия сил гравитации она не может находиться в покое и должна либо расширяться, либо сжиматься в зависимости от времени жизни Вселенной и плотности вещества в ней.*

В конце 20-х годов Хаббл установил, что *далекие галактики (скопления звезд) удаляются от нас со скоростями, пропорциональными расстояниям до них $v=Hr$, где H – постоянная Хаббла.* Совмещение этого факта с теорией Эйнштейна привело к выводу, что никаких сил отталкивания между галактиками не существует, *Вселенная представляет собой расширяющуюся четырехмерную сферу.* Так например, если надувать воздушный шар, то все расстояния между точками на его поверхности будут увеличиваться, и чем больше расстояние между двумя точками, тем быстрее они удаляются друг от друга в полном соответствии с законом Хаббла (рис.3).

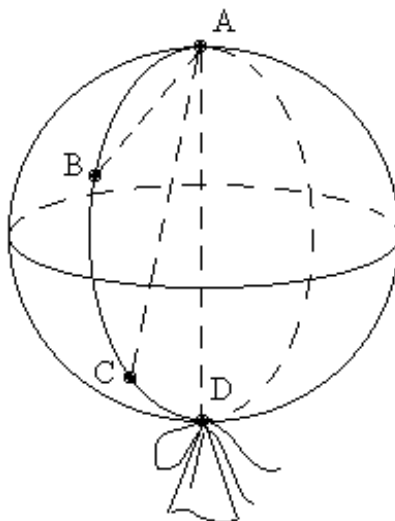


Рис.3. Модель расширяющейся Вселенной, замкнутой в четвертом измерении

3.5. Современные космологическая и космогоническая концепции. Теория Большого взрыва

Формирование естественно-научных представлений о структуре и истории Вселенной (*космология*) во многом обязано успехам астрономии. Масштабы физической Вселенной грандиозны. Например, наша галактика «Млечный путь» содержит приблизительно 100 миллиардов звезд, среди которых наше Солнце является вполне заурядной звездой.

Галактика имеет диаметр порядка 90000 световых лет. Галактики отделены друг от друга гигантскими межгалактическими пространствами. Так ближайшая к нам галактика «Туманность Андромеды», которая примерно в два раза больше нашей, удалена от нас на 2 миллиона световых лет. Существуют и скопления галактик, содержащие от десятков до тысяч членов. В структуре физической Вселенной различают также и сверхскопления галактик, которые представляют собой уплотненные образования размером до 150 миллионов световых лет.

Вся наблюдаемая часть физической Вселенной называется *метагалактикой*. Она имеет радиус порядка 10 млрд световых лет. Согласно закону Хаббла, галактики, находящиеся на расстоянии около 20 млрд световых лет от нас, должны удаляться со скоростями, равными скорости света. Сфера, очерченная вокруг нас и имеющая радиус около 20 млрд световых лет, называется *горизонтом Вселенной*. За пределами этой сферы никакой информационно связанной с нами реальности не существует (галактики не могут двигаться со скоростями, превышающими скорость света).

Простой расчет показывает, что около 20 млрд лет назад все галактики находились в одной точке (*сингулярности*), из которой началось расширение Вселенной, получившее название *Большого взрыва*. Что представляла собой данная сингулярность, мы можем только догадываться. По некоторым соображениям *сингулярность* - это абсолютное ничто, полная пустота, для которой не определены даже понятия пространства и времени. Причины Большого взрыва также неизвестны.

В первые мгновения жизни Вселенной в ней стали зарождаться элементарные частицы. По мере выравнивания электрической неоднородности Вселенной рождаемость частиц замедлилась, а затем прекратилась. Затем произошла *аннигиляция* (взаимное уничтожение с выделением энергии, накопленной в массе покоя частицы в форме фотона) частиц и соответствующих античастиц, после чего *на каждые 100 миллионов пар частиц выжила только одна*. Из этих частиц впоследствии формировалось вещество Вселенной сначала в форме водородно-гелиевых облаков, которое под действием сил гравитации распалось на фрагменты, давшие начало галактикам.

Протогалактическое облако в процессе гравитационного сжатия также распалось на фрагменты, давшие начало *звездам первого поколения*. Сжатие протозвездного облака приводило к разогреванию вещества вплоть до начала *реакций термоядерного синтеза*. Звезда стабилизируется, когда силы гравитационного сжатия уравновешиваются силами внутреннего давления. В процессе термоядерных реакций из водорода и гелия *синтезируются тяжелые элементы*, которые

опускаются к центру звезды. Когда термоядерное топливо «выгорает», звезда теряет стабильность и «схлопывается» (коллапсирует) до состояния «белого карлика», нейтронной звезды или черной дыры, за пределы которой из-за сильной гравитации не может выходить даже свет. Внешние газовые оболочки звезды, обогащенные тяжелыми элементами, испытывают отдачу и сбрасываются в космическое пространство, формируя газово-пылевые облака. Это явление называется взрывом сверхновой. Из газово-пылевых облаков впоследствии формируются звезды второго поколения типа нашего Солнца с планетными системами. Так вкратце выглядит одна из версий современной космогонической модели.

4. Кризис классической естественно-научной картины мира

4.1. Парадоксы концепции бесконечной делимости. Задача об излучении абсолютно черного тела

Ньютоновская концепция естествознания основывается на идее бесконечной делимости пространства и времени. Однако еще во времена античных философов были сформулированы задачи, не имеющие решения, если принять, что мир можно делить до бесконечности. Так одна из апорий Зенона говорит, что с точки зрения логики Ахиллес (самый быстрый бегун) никогда не догонит черепаху, так как для этого он должен сначала преодолеть половину расстояния до нее, но еще раньше - половину половины, еще раньше - половину четверти и т.п. В результате он должен преодолеть бесконечно большое количество малых расстояний. Логика говорит, что он даже не должен сдвинуться с места. Но опыт противоречит логике. Отсюда вывод: *расстояние нельзя делить до бесконечности*. То же самое можно сказать и про время.

Подобная задача была сформулирована в физике конца XIX века, что поставило в тупик все естествознание, и получила название «катастрофа Рэлея-Джинса». Суть парадокса в том, что, согласно теории, дырка, проделанная в закрытом сосуде (модель абсолютно черного тела), должна была излучать практически бесконечное количество энергии, чего, конечно же, на самом деле не происходит.

4.2. Зарождение идеи квантованности мира

Для выхода из противоречия М.Планк предположил, что энергию электромагнитных колебаний нельзя делить до бесконечности. Для каждой частоты колебаний ω существует минимально возможная порция (*квант*) энергии $\Delta E = \hbar \omega$, где \hbar - постоянная Планка. Меньше этого кванта не существует порций энергии с данной частотой колебаний. Несмотря на крайне непривычные для физиков выводы, которые последовали за этим предположением, ученый мир вынужден был признать справедливость квантования, так как этот закон с колоссальной точностью выполнялся на опыте, устраняя парадокс Рэлея-Джинса. Это событие считается концом классического периода естествознания.

В числе прочего идея квантования энергии подтверждалась и тем фактом, что спектр любого светового излучения вовсе не являлся непрерывным, а состоял из последовательности полос, каждая из которых соответствовала определенной частоте электромагнитных волн. Возник вопрос, почему атомы излучают свет не всех частот, а только определенных, как это предписывалось классическими законами? Почему электроны, вращаясь вокруг ядра, не излучают непрерывно энергию и в конечном итоге не падают на ядро?

Бор предположил, что электроны в атоме, как и электромагнитные колебания, также могут иметь только строго определенные энергии. Это привело к созданию квантовой модели атома, согласно которой *электроны в атоме могут находиться только на определенных орбитах*. Бор установил правила для нахождения этих допустимых орбит. «Упасть» на ядро электрон просто не «имеет права» так как должен перейти с допустимой орбиты в недопустимое состояние. Каждой орбите соответствует своя энергия. Излучить энергию электрон может только в том случае, если ближе к ядру находится свободная допустимая орбита, на которую может перескочить электрон. На орбите с наименьшей возможной энергией электрон может находиться неограниченно долго. Но он может перескочить и на более высокую освободившуюся орбиту, если поглотит квант энергии (*фотон*). *Никогда на одной орбите не могут находиться два электрона с одинаковым набором квантовых чисел* (принцип Паули).

4.3. Корпускулярно-волновой дуализм. Принцип дополнительности Бора

Для объяснения природы квантования энергетических орбит Л. де Бройль в 1924 г. предположил, что поведение частиц, например электронов, может описываться волновым процессом с длиной волны λ , которая связана с импульсом частицы p так же, как длина волны фото-

на (кванта света) связана с его импульсом $\lambda=2\pi\hbar/p$. Чуть позднее К. Дэвиссон и Л. Джермер открыли дифракцию электрона на кристаллах, что говорило в пользу данного предположения. В 1926 г. Э. Шредингер предложил уравнение состояния электрона во внешнем поле, которое явилось типичным волновым уравнением, где в качестве одного из аргументов выступала функция вероятности нахождения электрона в данной точке пространства. Стационарному состоянию электрона в атоме водорода соответствовала стоячая волна. При этом *разрешенными орбитами являются только те, в пределах которых укладывается целое число волн электрона*. В этом и состоит смысл правил квантования Бора.

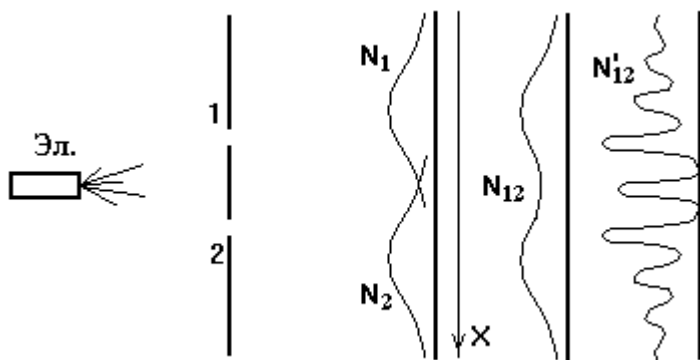


Рис.4. Корпускулярно-волновой дуализм

Таким образом, *электрон является типичным волновым процессом*. Однако *во многих явлениях электрон выступает как частица*. Например, если на пути электронов поместить щель (рис.4), пройдя через которую они попадают на экран, то, после рассеяния электронов на краях щели мы можем построить кривую вероятности попадания электронов в ту или иную точку экрана. Эта кривая типична для случая, что электрон является частицей (типа горошины). Если же на пути электронов расположить две рядом стоящие щели, то кривая вероятности попадания электронов на экран будет соответствовать кривой интерференции волнового процесса на двух щелях. То есть *каждый электрон, как волновой процесс, проходит одновременно через две щели, интерферируя сам с собой*. При этом каждый отдельный электрон на экран попадает в виде одной точки, то есть как частица, а не в форме нескольких пятен, как этого следовало бы ожидать при интер-

ференции. То есть электрон не является ни волной, ни частицей, в то же время это волна и частица (корпускула) одновременно, хотя совместить эти два понятия невозможно. Этот парадокс получил название *корпускулярно-волнового дуализма*.

Здесь естествознание вплотную приблизилось к древнему философскому утверждению о дуальности мира (инь и ян). В квантовой механике он был сформулирован Н.Бором как *принцип дополнительности*, гласящий, что *понять явление можно только применив для этого взаимоисключающие классы понятий, которые могут использоваться обособленно в зависимости от конкретных условий, но только взятые вместе дают полное знание о данном явлении*. Это одно из самых фундаментальных положений современной физики.

4.4. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Отказ от требований классического детерминизма

Любое взаимодействие частиц (например электронов) с другими частицами и даже со светом (с фотонами) неизбежно приводит к существенным изменениям состояний самих наблюдаемых частиц. Например, фотоны передают частицам импульс порядка $\hbar\omega/c$, что ведет, например, к разрушению интерференционной картины. Попытка уменьшения передаваемого импульса за счет уменьшения частоты освещающего излучения неизбежно приводит к потере информации о положении частицы (из-за явления дифракции). Многочисленные мысленные эксперименты, подобные рассмотренному, приводят к выводу о невозможности одновременного измерения координаты и импульса частиц со сколь угодно высокой наперед заданной точностью.

Принципиальное ограничение на точность измерений было сформулировано Гейзенбергом в виде неравенства, получившего название *соотношение неопределенностей Гейзенберга*: $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar$, где Δx и Δp - это погрешности в определении координаты и импульса частицы. То есть, если мы смогли очень точно определить импульс частицы ($\Delta p=0$), то неопределенность в определении ее местоположения Δx должна стремиться к бесконечности и наоборот.

Соотношение неопределенности Гейзенберга ставило принципиальный запрет на возможность точного описания мира, что являлось краеугольным камнем механистической науки классического периода, выразившимся в *философии Лапласовского детерминизма* (если мы знаем исходные данные, то можем абсолютно точно рассчитать будущее). Если в классической физике понятие случайности используется для описания поведения систем с большим количеством однотипных

элементов и является лишь сознательной жертвой полноте описания во имя упрощения решения задачи, то в квантовой физике признается, что *в микромире точный прогноз поведения объектов, по-видимому, вообще невозможен*. Похоже на то, что сама природа не знает точного ответа на некоторые вопросы.

Кроме того, в квантовой механике принципиально отличается от классического закон сложения вероятностей взаимоисключающих друг друга (с классической точки зрения) событий (например, прохождение электрона через одну из щелей). В классической концепции вероятности всегда складываются, что и приводит к ожиданию обнаружить при открывании двух щелей картину, равную сумме изображений, получаемых от каждой из щелей в отдельности. В квантовой механике этот закон справедлив не всегда. Если же ситуация такова, что события принципиально неразличимы, суммарная вероятность вычисляется как квадрат модуля суммы комплексных функций, называемых амплитудами вероятностей. При этом вероятности не суммируются.

При движении в пустом пространстве амплитуда перехода частицы из одной точки в другую совпадает с выражением для плоской монохроматической волны. В случае больших масс, составляющих систему тел, ограничения на точность измерений стремятся к нулю, и законы квантовой механики переходят в законы классической физики. Поэтому если комната имеет две двери, то выходящий из одной двери человек, в принципе, «будет интерферировать» подобно электрону в опыте со щелями, из-за чего в пространстве возникнет несколько областей, где он сможет появиться. Однако из-за большой массы человека вероятности нахождения человека в других областях, кроме одной, будут стремиться к нулю. Поэтому мы и не наблюдаем своих двойников.

4.5. Парадоксальность формальной логики. Теоремы о неполноте знаний Геделя. Проблема познаваемости мира

Одновременно с физикой в 1900-1930 годах кризис охватил и такую абсолютно точную науку, как математика. Его в полной мере можно рассматривать как кризис всего формально-логического способа мышления, или даже кризис рассудка, ибо впервые была вскрыта его недостаточность. Обнаружилось, что формально-логический способ мышления при всех тех блестящих результатах, которые несет с собой его применение в частных и специальных проблемах, обнаруживает свою полную непригодность, как только его пытаются применить прямо или косвенно к отражению всеобщего, которое оказывает-

ся неизбежно противоречивым, и в силу этой противоречивости неизменно ускользает из сферы действия формально-логических законов. Это объясняло причину парадоксов, в которые погрузилось естествознание, опирающееся на точные методы.

О парадоксах формальной логики известно уже давно. Достаточно вспомнить *парадокс лжеца*, который заявляет: «все, сказанное мною, есть ложь». Оказывается, что *для любой формально-логической системы, претендующей на точность и непротиворечивость, свойственна подобная парадоксальность, приводящая к отрицанию исходных положений (постулатов, аксиом) при попытках построения глобальных обобщений*. Впервые формально точно это было показано К.Геделем, который в 1931 году на примере арифметики дал доказательство так называемых «теорем о неполноте знаний», согласно которым *если формальная система непротиворечива, то она неполна и не существует доказательства ее непротиворечивости, проведенного средствами данной системы*.

Если в качестве такой системы выступает наука, то все попытки придать ей непротиворечивость при сохранении точности и детальности обречены на неудачу. Развивая точную систему знаний до формулировки итогового обобщения, в пределах логических рассуждений мы рискуем прийти к выводам, в корне отрицающим исходные аксиомы. Другой пример: если предметом спора двух специалистов в какой-либо системе знаний является вопрос, касающийся какого-либо обобщения, каждый из них, следуя строго последовательно логике рассуждений, может прийти к выводам, которые будут противоречить друг другу. Выход в этом случае ищется в проведении дополнительных экспериментальных исследований. Именно природа, как некая метасистема по отношению к любой системе человеческих знаний доопределяет предмет спора, лишая его противоречивости. После этого, как правило, рождается новый «закон природы», который становится новой аксиомой, постулатом. После этого один из оппонентов должен признать, что он был не прав. Но иногда удается одновременно провести и такой эксперимент, который подтверждает противоположную точку зрения. *Сама природа не знает однозначного ответа на некоторые вопросы*.

Все это рождает философскую *проблему принципиальной непознаваемости мира с помощью точных методов*. Научный метод, до сих пор строящийся в основном на принципах редуционизма, хорошо вскрывает детали и механику явлений, порождая успех практического применения полученных результатов, например, в технике. Однако сама причина, суть, природа этой механики, остается за пределами

рассмотрения. Поэтому современная физика, превратилась, по сути дела, в продолжение математики, совершенно утратив все надежды на понимание природы изучаемых явлений. Мы знаем, какими уравнениями описывается явление, но не понимаем, что оно из себя представляет. Красота уравнений полностью вытеснила из физики все попытки понять их суть.

5. Развитие концепций строения вещества

5.1. Строение ядра атома

Начало теории строения атомного ядра связано с именами Марии Склодовской-Кюри и Пьера Кюри, исследовавшими явление *радиоактивности*, в процессе которого вещество может испускать особые лучи. При этом происходит превращение одних химических элементов в другие. Впоследствии выяснилось (это связано с именем Э. Резерфорда), что радиоактивные лучи состоят из трех составляющих: α -лучи - являются потоком ионизированных (лишенных электронов) атомов гелия, β -лучи – это поток электронов, а γ -лучи являются жестким (коротковолновым) электромагнитным излучением.

С помощью α -частиц в 1911 г. Э. Резерфорд «проникает» внутрь атома и доказывает существование положительно заряженного атомного ядра, в котором сосредоточена практически вся его масса. В 1919 г., облучая α -частицами легкие газы Резерфорд получает ионизированные ядра водорода, которые он назвал *протонами*, предположив, что протоны являются структурной частью всех более тяжелых ядер.

Так как масса α -частицы равна приблизительно четырем массам протона, а заряд равен заряду двух протонов, то Резерфорд предсказывает существование электрически нейтральной частицы, масса которой равна массе протона, получившей название *нейтрона*. В 1932 г. Дж. Чедвик открывает нейтрон в опыте по бомбардировке α -частицами бериллиевой мишени. После этого была предложена модель ядра атома, состоящего из протонов и нейтронов, которые удерживаются особым видом сил – *ядерными силами*, или *сильными взаимодействиями*. Они действуют как на протоны, так и на нейтроны, независимо от электрического заряда, но только на малых расстояниях в пределах атомного ядра. Действие этих сил превышает силы электростатического отталкивания между протонами, но на больших расстояниях они значительно ослабевают, уступая электростатическим силам.

Атомное ядро напоминает каплю воды, в которой частицы взаимодействуют лишь с соседними частицами, а частицы, находящиеся на поверхности капли, стремятся втянуться внутрь, создавая поверхностное натяжение. С увеличением числа частиц в ядре возрастает ее объем, удаленные друг от друга протоны не притягиваются друг к другу ядерными силами, но силы электростатического отталкивания становятся соизмеримыми с силами ядерного взаимодействия. Такие ядра становятся неустойчивыми, электростатические силы разрывают их, что является причиной радиоактивности.

5.2. Ядерные реакции. Связь энергии и массы. Дефект масс

Изменение структуры ядра превращает атом в другой химический элемент. Ядра, отличающиеся только количеством нейтронов, называются *изотопами*. Если же изменяется число протонов, то мы получаем новый элемент периодической таблицы Менделеева, обладающий совсем другими химическими свойствами. Помимо радиоактивности *ядерные реакции* могут происходить при бомбардировке вещества другими частицами (например α -частицами). Особенно удачной оказывается бомбардировка нейтронами, которые электрически нейтральны и поэтому не отталкиваются протонами атомного ядра. Даже медленные нейтроны могут беспрепятственно приблизиться к ядру на расстояние, при котором начинают действовать ядерные силы.

Нейтрон придает ядру дополнительную энергию, после чего ядро может стать нестабильным и «развалиться» на более простые составляющие, которые отталкиваются друг от друга кулоновскими (электрическими) силами. При этом осколки ядра приобретают высокую энергию, которая в настоящее время используется как в мирных (атомные электростанции), так и в военных (атомная бомба) целях. Такие ядерные реакции называются *реакциями деления*.

Теория утверждает, что возможно лишь расщепление таких тяжелых ядер, как ^{233}U , ^{235}U , ^{239}Pu . Типичным примером является деления ядра изотопа урана ^{235}U под действием нейтронов n на два осколка A_1 и A_2 с образованием *нейтрино* ν и высвобождением энергии E : $^{235}\text{U}+n\rightarrow A_1+A_2+\nu+E$. Дочерние ядра A_1 и A_2 оказываются радиоактивными, так как по сравнению со своими устойчивыми изотопами содержат излишнее количество нейтронов. Эти нейтроны могут «выбрасываться» из ядер. При каждом акте деления высвобождается 2-3 нейтрона, каждый из которых в свою очередь может вызвать расщепление еще одного ядра урана. В результате формируется *цепная реакция*, характеризующаяся лавинообразным расщеплением ядер урана. Для начала цепной реакции необходимо сосредоточить большое коли-

чество ядер урана в достаточно компактной области. Минимальная масса урана, при которой начинается цепная реакция деления, называется *критической массой*.

Делиться могут только относительно неустойчивые тяжелые ядра. В отношении легких ядер (водород, гелий и т.д.) более характерной является *реакция ядерного синтеза*. Если сложить массы всех нуклонов (протонов и нейтронов), образующих атомное ядро, то получим число, большее, чем действительная масса данного ядра, приведенная в таблице Менделеева. Например для гелия $m_{\text{He}} = 2m_p + 2m_n + 2m_e = 2 \cdot 1,00727 + 2 \cdot 1,00865 + 2 \cdot 0,00055 = 4,03294$, в то время как по таблице $m_{\text{He}} = 4,00261$ (здесь m_p – масса протона, m_n – масса нейтрона, m_e – масса электрона). То есть *масса ядра оказывается меньше суммарной массы компонентов*, из которого состоит ядро на величину Δm , называемую *дефектом масс*.

Согласно общей теории относительности дефект масс соответствует энергии $E = \Delta m c^2$. Эта энергия называется *энергией связи*. Если частицы, обладающие собственной энергией приблизить друг к другу до расстояний, при которых начинают действовать ядерные силы, то образуется целостная система, *энергетически более выгодная* (с меньшей внутренней энергией), чем исходная система разрозненных частиц. При этом излишек исходной энергии частиц высвобождается в форме энергии связи, которая может придать определенную скорость образовавшемуся ядру, то есть разогреть получившееся в итоге вещество.

Условия, необходимые для реакции ядерного синтеза, возникают, например, в недрах звезд, где гравитационное сжатие вещества приводит к его разогреву до таких температур, при которых отдельные ядра могут преодолевать силы кулоновского отталкивания и сближаться друг с другом до критических расстояний. Аналогичные условия могут возникать при взрыве атомной бомбы. При этом реакция расщепления урана создает условия, аналогичные условиям в недрах звезд, после чего начинается реакция синтеза, например, ядер гелия из ядер водорода. На этом принципе основано действие термоядерной бомбы.

5.3. Распад нейтрона. Четыре фундаментальных взаимодействия. Попытки формирования единой теории поля

Во времена Ньютона была известно лишь одна сила, действующая на расстоянии без видимых посредников – гравитация. С развитием теории электричества были открыты кулоновские (электростатические) силы и затем магнитные. С самого начала чувствовалось наличие связи между электричеством и магнетизмом, доказанной Фарадеем, открывшим явление электромагнитной индукции. Окончательно эта

связь оформилась в уравнениях Максвелла, после чего мы перестали разделять электричество и магнетизм и стали говорить об электромагнитных силах, как о едином явлении. С развитием теории атомного ядра к гравитации и электромагнетизму добавилась третья сила, ядерная, получившая название сильного взаимодействия. Затем было открыто еще и так называемые *слабые ядерные силы*, после чего система фундаментальных взаимодействий свелась к четырем компонентам: *гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое*.

Открытие слабого взаимодействия связано с явлением распада нейтрона, названного *β -распадом*. Нейтрон является очень нестабильной частицей. Время его жизни в свободном состоянии составляет около 15 минут, после чего он распадается, порождая протон, электрон и нейтрино с выделением заметного количества энергии. Почему-то природе выгодно иметь именно заряженные частицы, время жизни которых оценивается миллиардами лет. В β -распаде проявляется новая и чрезвычайно слабая сила, которую назвали слабым взаимодействием. Следует отметить, что в составе атомного ядра нейтрон может существовать практически неограниченно долго. *Природа часто соединяет неустойчивые элементы в какую-то устойчивую систему*, в рамках которой данные элементы могут существовать долгое время.

Наличие в природе всего четырех фундаментальных сил порождает в науке идею объединить все эти силы в рамках одной «суперсилы», из которой в качестве частных проявлений следовали бы все остальные силы. Поиск такой силы был начат еще Эйнштейном, пытавшимся построить единую теорию поля, объединив гравитацию и электромагнетизм на основе общей теории относительности, то есть на основе геометрической модели поля (геометрия Минковского). Эйнштейну это сделать не удалось. Однако уже в 60-х годах XX века было показано, что математически слабое ядерное взаимодействие можно объединить с электромагнетизмом. В 1983 г. данная теория нашла экспериментальное подтверждение. К этому времени теоретики выдвинули более амбициозную теорию, объединяющую с электромагнетизмом и слабым взаимодействием еще и сильное ядерное взаимодействие. Одновременно были получены результаты в области гравитации, показывающие, каким образом гравитационное взаимодействие можно было бы объединить с другими типами взаимодействий.

В настоящее время имеется уже множество попыток построить *теорию великого объединения* всех типов взаимодействий. Так согласно одной из гипотез мы живем в одиннадцатимерной Вселенной. Невидимые нам восемь дополнительных измерений проявляются как силы. Из этой теории следует, что силовых полей вообще нет, а суще-

ствуется только свернутое определенным образом пустое одиннадцатимерное пространство-время. Мир, возможно, построен из ничего, наделенного структурой, а сила и вещество – лишь проявления пространства и времени.

5.5. Модель вакуума П. Дирака. Рождение вещества

Что такое ничто? Ответ на этот вопрос из области философии перекочевал в область физики. С некоторым приближением моделью «ничто» является *физический вакуум*, который ассоциируется у нас с абсолютной пустотой. Однако согласно современным представлениям пустота вовсе не так уж и пуста, как это кажется сначала.

Современная квантовая модель вакуума получила образное название «море Дирака». Обобщив уравнение Шредингера на случай частиц со спином $\frac{1}{2}$, движущихся со скоростями, близкими к скорости света, П. Дирак получил уравнение, из которого следовало, что наряду с частицами должны существовать и их *античастицы*, отличающиеся от частиц только знаком заряда. Например, для электрона e^- античастицей является так называемый *позитрон* e^+ , масса которого равна массе электрона, но заряд положительный (электрон был первой открытой элементарной частицей; еще в XIX веке было установлено, что электрон является составной частью атома, несет отрицательный электрический заряд и очень легок, даже в атомном масштабе масс).

На основе своего уравнения П. Дирак предположил, что вакуум на самом деле вовсе не является пустым, а плотно заполнен частицами, обладающими *отрицательными энергиями*, существование которых нами никак не регистрируется, то есть из просто пустоты вакуум превращался в добрую половину (а то и более того) всего сущего. При передаче электрону, находящемуся на «отрицательном уровне», достаточной энергии (например от электромагнитного поля), он может перейти в состояние с положительной энергией и стать наблюдаемым. При этом на его месте в вакууме образуется вакантное место – «дырка», поведение которой сходно с поведением такой же частицы, как электрон, но с положительным зарядом, то есть позитрон. Обратное слияние электрона с позитроном (с дыркой в вакууме) приводит к тому, что электрон покидает наблюдаемый мир, то есть исчезает (гибнет) с высвобождением энергии эквивалентной сумме масс электрона и позитрона в виде фотона. Это явление называется *аннигиляцией*.

В 1932 г. позитроны были обнаружены К. Андерсеном в *космических лучах*, что явилось блестящим подтверждением теории Дирака. Впоследствии выяснилось, что практически все элементарные части-

цы, даже не имеющие электрического заряда, имеют своих «зеркальных двойников» – античастицы, способные аннигилировать с ними.

В настоящее время считается, что физический вакуум *флуктуирует виртуальными частицами*, которые благодаря соотношению неопределенностей Гейзенберга могут на короткое время рождаться из ничего в паре со своими античастицами. При этом между виртуальным электроном и виртуальным позитроном возникает сильное кулоновское притяжение, которое приводит к полной взаимной аннигиляции только что народившихся частиц. Вакуум буквально кипит виртуальными частицами, которые практически не проявляют себя в реальном мире. Но если с помощью внешнего электромагнитного поля (рис.5) «расташить» только что народившуюся пару виртуальных частиц, то в реальном мире мы зафиксируем рождение двух совершенно новых частиц. Именно так, по видимому, из ничего народилось вещество в первые мгновения жизни Вселенной.

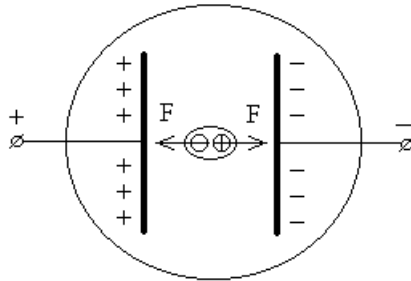


Рис.5. Рождение электрон-позитронной пары в вакуумном конденсаторе

5.6. Современные представления об обменной природе поля

Со времен Ньютона физики испытывают явное «отвращение» к «действию сил на расстоянии». Чтобы сила действовала, нужен какой-то посредник, или переносчик. В настоящее время считается, что все далекодействующие силы возникают в результате обмена частицами-переносчиками между взаимодействующими частицами. Например, взаимное отталкивание двух электронов можно проиллюстрировать на примере двух фигуристов, один из которых бросает другому тяжелый шар и при этом испытывает отдачу. Второй фигурист ловит шар и также испытывает отдачу. В результате оба фигуриста откатываются друг от друга. Притяжение электрона и позитрона можно проиллюстрировать теми же фигуристами, но они уже обмениваются бумерангами. Бумеранг бросается в противоположную сторону, облетает по кругу и ловится другим фигуристом. Отдача, которую испытывают оба фигуриста, приводит к их сближению.

В случае электромагнитной силы в качестве частиц-переносчиков выступают *фотоны* – *кванты электромагнитного поля*. Ядерные силы передаются множеством частиц, называемых *мезонами*. Радиус действия силы зависит от массы частицы-переносчика, причем, чем массивней частица, тем меньше радиус действия силы. Поэтому, например, фотон, имеющий нулевую массу покоя, может передать взаимодействие на бесконечно большое расстояние. Закон Кулона, в соответствии с которым электромагнитная сила убывает с расстоянием в квадратичной зависимости ($F=K \cdot q_1 \cdot q_2/r^2$), объясняется тем, что площадь сферы возрастает пропорционально квадрату радиуса, поэтому вероятность того, что фотон, отправленный одной частицей, будет принят другой на расстоянии r , пропорциональна $1/r^2$. Мезоны обладают значительной массой покоя, поэтому сильное ядерное взаимодействие резко падает на расстояниях, превышающих 10^{-13} см. Слабое взаимодействие передается, как полагают, *бозонами*, массы которых в 100 раз превышают массу протона, поэтому их радиус действия имеет порядок 10^{-16} см. Переносчиком гравитационного взаимодействия является полумифическая частица – *гравитон*, обнаружить которую до сих пор пока не удастся.

5.7. Структура протона. Кварки

Протон, как впрочем, и нейтрон, строго говоря, вовсе не является элементарной частицей. Опыт по столкновению протонов приводит к выводам, аналогичным выводам Резерфорда о строении атома: *протон обладает внутренней структурой и состоит из частиц*, значительно меньших по размерам, чем сам протон. Эти частицы были названы *кварками*. В настоящее время создана целая теория, позволяющая все *адроны* (частными случаями которых являются протон и нейтрон), представить системами, состоящими из нескольких кварков.

Свойства кварков детально описаны, и они оказываются парадоксальными с точки зрения физического смысла. Например, *кварк может иметь дробный заряд*. По-видимому, именно эта парадоксальность не позволяет ему существовать в свободном виде. Если время жизни свободного нейтрона ограничено 15 минутами, то свободные кварки не удастся пока получить ни в одном эксперименте. В то же время выводы из теории кварков хорошо укладываются в результаты экспериментов. Поэтому данную теорию можно считать уже вполне устоявшейся.

6. Целесообразность во Вселенной

6.1. Принцип единства Вселенной

Согласно современным представлениям принципы сохранения лежат в самом фундаменте мироздания. Наиболее показателен в этом плане закон *сохранения электрического заряда*. Практически ни у кого не вызывает серьезных сомнений тот факт, что *суммарный электрический заряд Вселенной равен нулю*. То есть мы убеждены, что количество отрицательных зарядов в точности равно количеству положительных. Причина этого в том, что электрические заряды всегда рождаются в паре, так что суммарный заряд рожденной пары равен нулю.

Суммарная энергия Вселенной, похоже, также равна нулю, то есть отрицательная энергия притяжения (сближения) полностью уравнивается положительной энергией отталкивания (разбегания). Именно здесь, вероятно, следует искать природу некоторых сил. Например силы гравитации, проявляющиеся в локальном притяжении массивных тел друг к другу, по-видимому, совершенно точно уравнивается фактом разбегания галактик в процессе расширения Вселенной. Согласно *принципу Маха*, массивность (инерционность) физических тел вовсе не является принадлежностью этих тел, а обусловлена фактом притяжения этих тел со стороны всей Вселенной. Попытка изменить положение тела по отношению к Вселенной вызывает с ее стороны ответную реакцию в форме силы инерции, препятствующей данному изменению. Принцип Маха, вероятно, можно распространить не только на массивность тел, но и на другие их параметры. То есть *любое проявление, которое мы наблюдаем в данном физическом теле, обусловлено фактом принадлежности этого тела Вселенной и взаимодействием с ней*.

Возможно, все явления и процессы во Вселенной *взаимоуравновешены так, что по любому проявлению в целом Вселенная равна нулю* так же, как и до ее возникновения. И *если в ней возникают какие-то изменения, то они в точности компенсируются изменениями другого знака*. Это объясняет принцип дополнительности, который в более широкой формулировке звучит следующим образом: *любое явление может родиться и существовать в физической реальности только в паре со своей противоположностью (отрицанием)*.

Подтверждением сказанному может служить также один из наиболее фундаментальных законов, известный как *принцип Ле Шателье - Брауна*: *на любое изменение Вселенная откликается возникновением процессов, тормозящих данное изменение*. То есть любое изменение

порождает динамическую составляющую, которая уравнивает собой сам факт изменения, вызывая процессы, направленные на сдерживание данного изменения. Частным случаем этого принципа является общеизвестный в физике *принцип Ленца*: любое изменение магнитного поля вызывает в проводящей среде вихревые токи (токи Фуко), которые своим магнитным полем препятствуют причине, их вызывающей. Вообще *любое проявление инерционности в природе, в том числе и массивности физических тел, есть следствие принципа Ле Шателье-Брауна*.

Во всех перечисленных примерах проявляет себя так называемый *принцип единства Вселенной*: во Вселенной все взаимосвязано, любое явление влияет на весь мир и само испытывает влияние от всех явлений Вселенной, причем Вселенная в данном случае проявляет себя как единое целое. На этом принципе основано действие всех холистских законов, наиболее известными из которых являются законы сохранения.

6.2. Принципы симметрии. Теорема Нетер и законы сохранения. Вариационные принципы

Попытки систематизировать мир элементарных частиц привели физику к признанию того, что *силы можно рассматривать как способ, которым в природе поддерживаются различного рода симметрии*. Понятие *симметрии* является в настоящее время наиболее фундаментальным.

Первоначальное значение слова симметрия – соразмерность. В применении к законам природы – *это их свойство оставаться неизменными при разного рода перемещениях*. Например, симметрия пространства означает, что оно *однородно и изотропно*, то есть любой физический прибор (часы, телевизор и т.п.) должен работать одинаково в разных точках пространства, если физические условия в этих точках одинаковы (однородность), кроме того, я могу поворачивать эти приборы под разными углами, и от этого протекание физических процессов также не должно измениться (изотропность). То же самое можно сказать и в отношении времени, симметрия которого означает, что физический эксперимент даст одинаковые результаты в разное время при условии одинаковости физических условий. Требование симметрии законов природы облегчает вывод уравнений физики. Например, одной из наиболее известных симметрий является принцип относительности Галилея. Попытки придать симметрию уравнениям Максвелла привели к созданию теории относительности.

Важнейшее следствие симметрии состоит в том, что *каждой симметрии, как внутренней, так и пространственной, соответствует свой закон сохранения*. В частности, закон сохранения энергии есть строгое следствие однородности времени, закон сохранения импульса вытекает из однородности пространства, закон сохранения момента импульса – из изотропности пространства и т.д. Дело в том, что, согласно теореме Нетер, *каждому из законов сохранения при условии соблюдения соответствующей симметрии можно поставить в соответствие вариационную формулировку*.

Первую *вариационную формулировку* одного из законов природы дал П. Ферма еще в XVII веке: свет всегда идет по пути, требующему для своего прохождения минимального времени. Особенность любой вариационной формулировки в том, что она отталкивается от факта экстремальности (обычно минимальности) некоторой интегральной величины (в данном случае времени движения светового луча). При этом рассуждение строится из условия оптимальности итогового результата, а не из причинно-следственной цепи событий, как это традиционно принято в науке.

Действительно, создается впечатление, что луч света анализирует все возможные траектории движения и из них выбирает наилучшую. Не случайно после опубликования работ Ферма в науке разгорелся диспут о разумности природы. Ведь, как затем показал Ж. Лагранж, практически всю механику можно вывести не из причинно-следственных законов Ньютона, а из *вариационных принципов*, то есть исходя из положения, что в природе реализуются всегда только оптимальные сценарии процессов. Например, камень «выбирает» траекторию своего полета в поле притяжения Земли так, что величина *действия* (интеграл по времени от разности кинетической и потенциальной энергии $W = \int (K - P) dt$) оказывается минимальной. Только потому форма этой траектории оказывается параболической, что парабола удовлетворяет принципу наименьшего действия.

6.3. Принцип оптимальности

Если не считать, что камень заранее «просчитывает» траекторию своего движения, приходится признать, что *природа из всех возможных законов выбрала только те, которые подчиняются вариационным принципам*. Это положение можно назвать *принципом оптимальности* законов природы. Этот закон действует на всех уровнях мироустройства. Например, одной из аксиом, на которых строится современная экология, является *третий закон Коммонера: природа знает лучше*.

Под оптимальным можно понимать такое состояние системы в целом, которое практически не изменяется или изменяется минимально возможным образом при различных вариациях внутренней структуры (такое состояние еще называется равновесным). Наиболее показательным в этом смысле является именно принцип наименьшего действия. Так если среди возможных путей, соединяющих исходную и конечную точки траектории (рис.6), провести несколько траекторий и просчитать по каждой из них величину действия, а затем чуть изменить (поварьировать) каждую из этих траекторий, то практически для всех траекторий величина действия существенно изменится, и только для параболической (то есть верной) траектории величина действия окажется практически той же. Это напоминает решение задачи математического анализа по нахождению экстремума (оптимума) функции, только функция в данном случае имеет интегральный характер и называется *функционалом*, и минимальное значение функционал принимает не при каком-то значении аргумента, а при какой-то форме траектории (в данном случае).

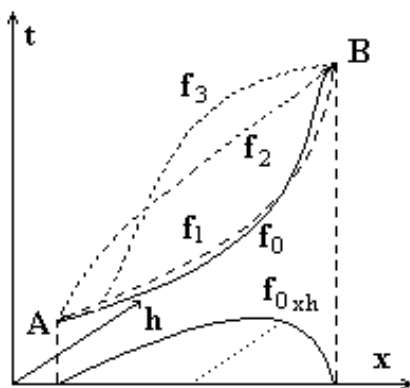


Рис.6. Траектория движения тела в поле тяжести Земли

Типичным проявлением принципа оптимальности является, по-видимому, принцип роста энтропии (второй закон термодинамики), который в данном случае можно сформулировать следующим образом: *любая система стремится к состоянию, в котором любые вариации данного состояния не приводят к существенному изменению энтропии, которая в данном состоянии принимает значение, близкое к максимально возможному.*

Резонно возникает вопрос: если в любой момент времени природа реализует только оптимальные состояния и процессы, почему же в мире так много абсурда, ошибок, далеких от понятия оптимальности? Разве есть какая-то оптимальность в поведении мухи, бьющейся о стекло? Оказывается, есть, так как в данном случае муха задействует один из самых эффективных алгоритмов поиска оптимального решения, метод случайного поиска, который гарантирует, что решение рано

или поздно будет найдено, если оно в принципе возможно. Природа очень часто задействует подобные алгоритмы оптимизации. Без определенной доли ошибки, абсурда, случайности природа не смогла бы развивать и усложнять свои формы. Системы, структура которых лишена ошибки, не способны развиваться (находить оптимум). Поэтому они довольно быстро разрушаются (накапливают ошибку).

6.4. Целесообразность во Вселенной

Наличие во Вселенной холистских принципов, «отбирающих» законы природы по принципу оптимальности требует переосмысления научного отношения к феномену *целесообразности* во Вселенной. Одним из краеугольных положений науки механистического периода было отрицание целесообразности мироустройства (*антителеологичность*), которая ассоциировалась с Богом. Стремление «изгнать Бога из храма науки» породило отрицание целесообразности мира вообще. Общеизвестным считалось, что миром правят «слепые» законы природы, у Вселенной нет цели, само существование Вселенной является грандиозным, но совершенно случайным событием.

Правда, это не вяжется с наблюдаемой целесообразностью мира, которая настолько явна, что породила в науке так называемый *антропный принцип*, гласящий, что природа устроена так потому, что в ней живет человек, способный наблюдать ее, изучать ее законы. Конечно, здесь переставлены местами причина и следствие. И все-таки странно, почему законы природы, значения мировых констант и т.п. настолько точно подогнаны друг под друга, что если бы, например, постоянная Планка изменилась хотя бы на какую-нибудь десятитысячную долю процента, то мир уже не имел бы права на существование, и Вселенная попросту исчезла бы. Мы знаем, что природа строится на существовании рациональных законов, но почему существуют именно эти законы?

Ответ на этот вопрос, по-видимому, лежит в признании двойственной природы Вселенной, которая наряду с множественным аспектом своего существования имеет целостный аспект, в котором Вселенная предстает как нечто целостное и неделимое. Пока что эта гипотеза всерьез обсуждается лишь в рамках такой науки, как философия. Естествознание крайне осторожно касается вопросов целесообразности мира. Для естествознания, в котором по-прежнему сильны принципы редукционизма, холизм является чем-то чуждым. Но принцип дополнительности говорит, что если мы отбросим из рассмотрения вторую сторону мира, нам не понять суть явлений природы.

Вообще-то, все законы, вытекающие из принципов симметрии, по большому счету являются холистскими. Поэтому хотим мы того или нет, все современное естествознание построено на принципах холизма. Мы не всегда можем знать механику того или иного явления, но мы совершенно точно знаем, что в этом явлении не будут нарушены принципы симметрии. Мы можем не знать, какие законы лежат в механике данного явления, но мы абсолютно точно знаем, что природа обязательно реализует какую-то механику, которая будет соответствовать вариационным принципам, то есть она будет наиболее оптимальной из всех возможных.

6.5. Алгоритм оптимальности. Рождение закона природы

Чтобы понять, как происходит рождение такой механики, точнее, рождение закона природы, целесообразно рассмотреть поведение сложных систем, таких как биосистемы. Так одним из законов экологии является *принцип соответствия строения организмов требованиям окружающей среды*. Особенно интересен феномен *конвергенции* (сходимости) морфологических признаков различных видов животных, обитающих в одинаковых условиях среды. Например, такие различные по происхождению животные, как рыбы (например акула), птицы (например пингвин) и млекопитающие (например дельфин), обитая в сходных условиях приобретают схожие формы.

Естественный отбор в живом мире приводит к тому, что вид рано или поздно «нащупает» наиболее оптимальный вариант собственной структуры. Как сказал по этому поводу П. Тейяр де Шарден, *жизнь, размножаясь во множестве, заполняет собой все возможные варианты, поэтому рано или поздно оптимальный вариант будет обязательно найден*. Таким образом *жизнь делает себя неуязвимой от наносимых ей ударов*. Значительную роль при этом имеет право жизни на ошибку. Порождая разного рода мутантов, которые в основной своей массе оказываются нежизнеспособными, жизнь иногда нащупывает то, что является оптимумом. Какими бы ни были стартовые точки процесса поиска оптимума (рыба, птица, млекопитающее и т.п.), результат поиска в принципе оказывается предсказуем, то есть *при данных конкретных условиях количество экстремумов любой целевой функции оказывается ограниченным*, наиболее часто экстремум только один.

Нечто подобное происходит, по-видимому, и в неживой природе. Конечно, нельзя строить прямые аналогии от законов, по которым развивается живой мир на природу вообще. *Жизнь изначально асимметрична*, неживая природа подчинена принципам симметрии. Тем не менее, даже суть тех явлений, которые мы традиционно относим к нежи-

вым, *костным* (по терминологии Вернадского), мы понять до конца не можем, что говорит о присутствии в них асимметричной составляющей.

Именно нарушение симметрии приводит в конечном итоге к рождению Вселенной. Так в первые мгновения после Большого взрыва количество позитронов почему-то оказалось чуть меньше, чем электронов (разница всего в одну частицу на каждые 100 миллионов пар частица-античастица), антипротонов – чуть меньше чем протонов и т.п. Это нарушение симметрии мира, но именно поэтому мир выглядит так, а не иначе, именно поэтому он вообще существует, а не исчез в полной взаимной аннигиляции. Значит то, что отличает живое от неживого, в примитивном виде присутствует уже на самых нижних этапах мироздания. Значит «законы жизни» справедливы и на субквантовом уровне.

Может быть, в том и состоит суть рождения законов природы, что на всех уровнях природных систем от элементарных частиц до галактик действует механика принципа естественного отбора? Ответ на этот вопрос призвана дать нарождающаяся в настоящее время новая *научная парадигма* (фундамент), в основу которой положен так называемый *системный подход*.

7. Системный подход в естествознании

7.1. Истоки редукционизма и холизма в науке

Наши неудачи в плане понимания механизмов целесообразности мира есть результат особого стиля мышления, основу которого составляет *рассудок*. Под рассудком мы будем понимать ту составляющую человеческого аппарата познания, которая оперирует рассуждениями, построенными из особого рода мысленных объектов - *стереотипов, абстракций* и т.п., каждый из которых является результатом обобщения какого-то повторяющегося класса явлений внешнего мира, поэтому имеет статус аксиомы. Другими словами *рассудок является типичной формально-логической системой*, которая несет в себе ограниченность, отраженную в теореме Геделя (см. ранее).

Обладая определенной стереотипной базой, познающий субъект проецирует на нее любое изначально целостное явление природы, раскладывая его на составляющие, соответствующие отдельным стереотипам (абстракциям). Такой метод работы мыслительного аппарата

человека называется *анализом*. Второй ступенью познания является *синтез* - из выделенных в процессе анализа абстракций человек синтезирует мысленные конструкции (модели), которые в основных аспектах подобны реальным целостным явлениям.

Любая модель повторяет лишь наиболее существенные стороны моделируемого явления и не учитывает второстепенных. Поэтому описанный алгоритм процесса познания несет в себе вероятность загробления модели, что во многом разгружает мыслительный аппарат, позволяя добиться четкого понимания некоторых конкретных механизмов реальных явлений. В то же время в модели не находят отражение такие стороны явлений, которым в стереотипной базе человека не нашлось соответствующего аналога. Такая модель верно отражает только часть природы явления, что впоследствии может привести процесс познания в тупик, потому что через неучтенные стороны реальное явление органично связано со всем миром. Пренебрежение этими связями рождает иллюзию изолированности данного явления от своего окружения.

В результате в понимании человека формируется так называемая *множественная картина мира*, для которого характерно многообразие явлений, событий, объектов, которые кажутся обособленными друг от друга, обладающими собственными характеристиками (например размерами, массой, энергией и т.п.), определенным образом взаимодействующими с другими обособленными явлениями. В качестве вместилища этих объектов человек синтезирует образы пространства и времени.

Так был сформирован *механистический стиль мышления*, который успешно вскрывал формальную сторону фундаментальных законов природы, но не мог понять их сути. Принципы механистического подхода:

1) *редукционизм* - первопричины всех явлений лежат в поведении элементов, из которых построено явление; знание законов микромира определяет уровень наших знаний макроявлений;

2) *экспериментальность* - все можно измерить (дать количественную оценку), неизмеряемым сущностям нет места в науке;

3) *повторяемость* - научным считается только такой результат, который может быть повторен в других научных лабораториях;

4) *антителеологичность* - все, что кажется целенаправленным можно объяснить действием естественных «слепых» законов.

Благодаря механистическому подходу научные знания всегда славились своей точностью, однозначностью и непротиворечивостью. В этом сила науки. Но здесь же лежит и основная ее слабость. Отказ от

противоречивости приводит к самообману, так как сама природа изначально противоречива.

Особенно явно механистический подход дал сбой, когда наука вплотную подошла к изучению так называемых *«сложных систем»*, особенность которых в существенной взаимосвязи их свойств. Поэтому однофакторные эксперименты над ними не эффективны, а многофакторные не позволяют выявить простых законов, которым подчиняются сложные системы. Многие свойства сложных систем оказываются понятными только при рассмотрении системы как единого целого. С ростом сложности структуры системы растет количество факторов, определяющих ее поведение. Особенно наглядно это видно в случае биосистем (живых организмов). Если в плане понимания законов, управляемых «неживой материей» наука достигла определенных успехов, то понимание феномена жизни для нее похоже недостижимо без коренной перестройки самих ее основ.

В природе все взаимосвязано. Мир представляет собой нечто органичное, целостное и неделимое. В этом истоки холизма. Поэтому при изучении любого явления природы успех научного метода оказывается возможен только за счет мысленного разрыва тех связей, которыми данное явление неразрывно вплетено в ткань Вселенной. При этом мы добровольно отказываемся от части истины, хранящейся в этих связях.

7.2. Понятие системы. Общие принципы системной динамики. Системный подход

Системный подход является одной из попыток вырваться за пределы однозначности научных знаний. Это новый этап в развитии методов познания мира, дополнительный к принципам механистического подхода. Он является попыткой оценить по достоинству роль целостности. *В основе системности в природе лежит ее свойство быть одновременно единым и неделимым целым и в то же время обладать свойством множественности.*

Слово «система» в переводе с греческого означает «целое, составленное из частей». Под системой понимают совокупность явлений, элементов, находящихся в определенных отношениях и связях между собой и образующих определенную целостность. Различают *простые* и *сложные системы*. Можно считать систему сложной, если ее поведение содержит акт решения, определяемый как выбор альтернатив с помощью какого-либо алгоритма, например случайного. Известно, что в свойствах и поведении сложных систем независимо от природы составляющих их элементов прослеживаются четкие аналогии. В конце

сороковых годов Бергаланфи предложил программу построения «Общей теории систем» (ОТС).

Наиболее общей закономерностью сложных систем является *закон подобия части и целого: часть является миниатюрной копией целого, а потому все части одного уровня иерархии систем похожи друг на друга*. Этот закон известен из глубины веков. Так «Изумрудная скрижаль» Гермеса Трисмегиста гласит: «Истинно. Несомненно. Действительно. То, что находится внизу, подобно находящемуся наверху, и наоборот, то, что находится наверху, подобно находящемуся внизу, ради выполнения чуда единства».

Для биосистем в формулировке Мюллера и Геккеля закон подобия части и целого известен как *биогенетический закон: онтогенез (индивидуальное развитие особи) повторяет филогенез (историческое развитие вида)*. Ярким подтверждением данного закона является *эмбриогенез*: развитие эмбриона повторяет формы, через которые данный вид прошел в процессе своей эволюции. Для человека этот закон можно, вероятно, дополнить: *ноогенез (формирование мышления) каждого человека повторяет антропогенез, то есть исторический процесс формирования мыслительного аппарата всего человечества*. Можно предположить, что формирование человека повторяет весь ход эволюции Вселенной.

В более общей формулировке этот закон читается как *системогенетический закон* (Н.Ф. Реймерс): *все системы в индивидуальном развитии повторяют в сокращенной и нередко в закономерно измененной и обобщенной форме эволюционный путь развития данного вида систем*. Этому закону подчиняются, например, минералогические процессы, которые в короткие интервалы времени как бы повторяют общую историю геологического развития Земли (*геогенетический закон* Рундквиста Д.В.). Именно системогенетический закон рождает как следствие *закон последовательности прохождения фаз развития*: фазы развития природной системы могут следовать лишь в эволюционно и функционально закрепленном порядке, обычно от относительно простого к сложному, как правило, без выпадения промежуточных этапов, но, возможно, с очень быстрым их прохождением или эволюционно закрепленным отсутствием. Насильно убрать какую-то из фаз развития практически невозможно.

Подобие части и целого не означает их идентичности. Наоборот, еще в античные времена была сформулирована аксиома: *целое больше суммы его частей*. Сейчас она читается как *аксиома эмерджентности* (от английского слова эмерджентс - возникновение, появление нового): *целое всегда имеет особые свойства, отсутствующие у частей*

подсистем и не равно сумме элементов, не объединенных системообразующими связями. Зачастую, исходя из свойств отдельных компонентов системы, невозможно предсказать свойства системы как целого. Например, водород и кислород, соединяясь, дают воду, совершенно непохожую на исходные газы.

Особенно сильна эмерджентность в высокоорганизованных биосистемах, таких как теплокровные животные. Здесь появляются такие непостижимые эмерджентные свойства, как образное отражение окружающего мира, психика, разум и т.п. Особенно заметны эмерджентные свойства при исследовании социальных систем, например, муравейник, пчелиный улей, птичья стая, толпа и т.п. Так птицы, объединенные в стаю, теряют частично свою маневренность (стая более массивна и неповоротлива, чем птицы в отдельности). Аналогично человек в толпе теряет часть своей свободы и позволяет увлечь себя «голово толпы» (для выхода из толпы нужно затратить определенную энергию по преодолению системообразующей силы). Эмерджентность невозможно разложить на составляющие, ее нужно принять как данность, как нечто изначально целостное, неделимое, присущее только всей системе в целом и никакому элементу системы в отдельности. То есть *к эмерджентности неприменим принцип редукционизма.*

Любая система характеризуется своей «структурой» и «поведением». *Структура* – это строение и внутренняя форма организации системы, выступающая как единство устойчивых взаимосвязей между ее элементами, а также законов данных взаимосвязей. *Поведение* определяет внешнюю сторону системы (*текстуру*), в соответствии с которой любая система может входить в качестве элемента в состав других систем более высокого уровня. Таким образом, одним из основных свойств систем является их *иерархичность* (иерархия - расположение ступенчатым рядом), в соответствии с которым любая система сама может являться элементом более общей системы, в то же время каждый элемент системы сам в свою очередь может являться системой. *Иерархичность систем обеспечивает их устойчивость и неуязвимость.*

Современный уровень знаний позволяет представить иерархию природных систем в виде следующей цепочки: элементарные частицы - атомы - молекулы - клетки - многоклеточные - экосистемы - биосфера - космическое тело - звездная система - галактика - Вселенная. Между уровнями приведенной иерархии биосистем не существует четких границ или разрывов, здесь обнаруживается масса промежуточных переходных форм, например, молекула - макромолекула (полимер) - сложномолекулярный комплекс (вирус) - коацерватная капля

- клетка. По большому счету четкой границы нет даже между отдельным организмом и экосистемой: организм, изолированный от экосистемы, не может жить долго, так же как изолированный орган не может жить долго без тела, в котором он изначально зародился.

Принципы системного подхода противопоставлены принципам механицизма:

1) *дедуктивность* - постулируется возможность существования явлений, даже если мы не понимаем их механики, и уже исходя из этого выводятся законы, позволяющие существовать таким явлениям;

2) *рекуррентность* – постулируется возможность существования таких свойств и связей между элементами системы, механика которых нам не понятна (тем самым узаконивается эмерджентность);

3) *телеологичность* - признается существование феномена целесообразности в поведении сложных систем и их элементов.

Системный подход не отгораживается от явных достижений механицизма. Хотя принципы механицизма не присутствуют в приведенном выше списке, их наличие, тем не менее, подразумеваются, но в противоречивой дополнительности со своими же отрицаниями.

7.3. Принцип гармонии. Понятие живого организма. Вселенная как живой организм

Вообще, если какая-то часть (подсистема) не подобна системе в целом, то она входит в дисгармонию с другими подсистемами и с системой в целом. В частности, она не способна поглощать из окружающей среды энергию и информацию для поддержания собственной системной целостности. Такое состояние является неустойчивым, поэтому подсистема либо изменяется (адаптируется), либо разрушается. В экологии данный закон получил название *принципа соответствия: форма существования организма всегда соответствует условиям его жизни*. Этому способствует закон давления среды на живые организмы (закон естественного отбора Ч. Дарвина).

Под *гармонией* понимается наиболее оптимальное сочетание противоречивых сторон в едином целом. По определению одного из пифагорейцев, Филолая, гармония есть «согласие разногласного». Это такое сосуществование нескольких подсистем в рамках единого целого, при котором достигается минимальное количество противоречий (конфликтов, противостояний, напряжений). В физике подобное состояние называется *энергетически наиболее выгодным*. Это состояние с наименьшей потенциальной энергией взаимодействия подсистем. В экологии это состояние с наименьшим количеством конкурентных отношений.

В состоянии гармонии заложена изначальная противоречивость мира. Многочисленные исследования показывают, что состояние гармонии достигается, когда соотношение порядка (предсказуемого, подчинения системным законам) в поведении элементов системы и хаоса (непредсказуемого, свободы выбора) тяготеет к «золотой пропорции» ($\varphi=0,618$). «Золотая пропорция» вытекает из принципа подобия части и целого - это есть такое деление единого целого на две части, при котором меньшая часть (ассоциированная со свободой выбора) относится к большей (ассоциированной с системными законами) так же, как большая часть относится к целому (рис.7).

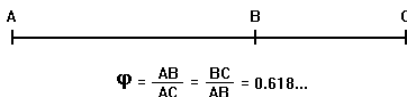


Рис.7. «Золотое сечение» отрезка

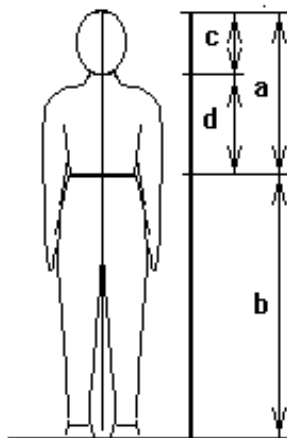


Рис.8. «Золотая пропорция» в человеке

Только те элементы системы, которые несут в себе «золотое» соотношение между «свободой выбора» и закономерностью могут устойчиво существовать длительное время, то есть обладают живучестью. Особенно характерно подчинение закону гармонии для биосистем, которые буквально «напичканы» золотыми пропорциями. Не случайно магическим символом жизни считается пентаграмма (пятиконечная звезда), в которой можно

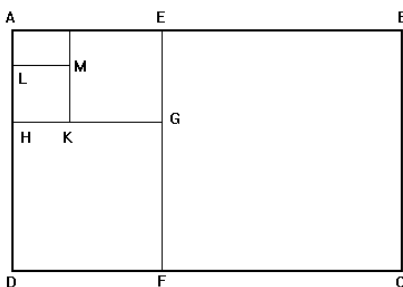


Рис.9. Гармоничный прямоугольник, типичный для формы зданий

насчитать более двухсот золотых сечений. Вообще пятеричная симметрия характерна для биосистем. Так в неживой природе практически не используются кристаллические структуры с пятеричной симметрией, в то же время вирусы могут кристаллизоваться, и эти кристаллы имеют пятеричную симметрию. Поэтому *под живым организмом можно понимать сложную систему, состоящую из относительно самостоятельных подсистем, свойства (поведение) которых подчинены системным законам, гарантирующим поддержание системной целостности*, причем соотношение подчиненности и самостоятельности в поведении данных подсистем тяготеет к золотой пропорции.

Человек умеет интуитивно чувствовать гармонию. Его притягивает то, что несет в себе гармонию, и отталкивает дисгармония. Гармоничные структуры мы называем словом «красота». Красивое тело построено по закону золотого сечения (рис.8). Красивое здание несет в своих формах золотую пропорцию (рис.9). В красивом (гармоничном) сочетании звуков заложена золотая пропорция (звукоряд Пифагора). По закону золотого сечения построена Солнечная система (закон Бодде). Пятеричную симметрию имеет планета Земля, кора которой выложена из пятиугольных плит. Есть основания думать, что весь мир построен по принципу золотой пропорции. В этом смысле Вселенная в целом является грандиозным живым организмом, подобие с которым дает нам право самим называться живыми организмами. Человек является элементом такой сложной системы, как биосфера, в которой он призван нести определенную функцию во благо целостности биосферы. *Только по отношению к системе более высокого уровня определено понятие роли и смысла жизни.*

Механистический подход достаточно удачно вскрывает закономерную сторону мироздания, где царит порядок и симметрия. Но вторая, асимметричная сторона мира, для которой характерна «свобода выбора», непредсказуемость, которая ассоциируется у нас с понятием «жизнь» механистическая наука выявить не в состоянии. Это основная причина того, что, идя путем редукционизма, даже разобрав организм на отдельные клеточки, молекулы, атомы, частицы, мы до сих пор не можем понять сути феномена жизни. Мы разучились видеть целостность мира, поэтому вышли за пределы гармонии с природой. Это главная причина экологической катастрофы.

8. Теория самоорганизации

8.1. Теории возникновения жизни

Существует несколько теорий появления жизни на Земле. Из них можно выделить три наиболее известные и характерные:

- 1) *теория креационизма* (от английского слова create - создавать) - жизнь создана высшим существом - Богом;
- 2) *теория панспермии* - жизнь принесена на Землю из космоса; так уже в метеоритах находят белковые соединения;
- 3) *теория эволюции* - жизнь на Земле народилась вследствие естественных законов усложнения форм организации материи.

У каждой теории есть свои сильные и слабые стороны. Так теория панспермии многое объясняет, но не решает вопроса о происхождении жизни во Вселенной вообще, вопрос лишь отодвигается на более далекие космические объекты. К тому же существует ряд веских аргументов в пользу земного происхождения жизни. Например известно, что только земная биоорганика обладает *оптической асимметрией*. Так если раствор сахара, полученного из свеклы («живой сахар»), осветить лучом поляризованного света, то плоскость поляризации луча на выходе оказывается смещенной вправо на некоторый угол. Это связано, по-видимому, с асимметрией молекулы ДНК, на основе которой строится земная жизнь. Вся «космическая» и искусственная органика оптически нейтральна.

Известно также, что вся биоорганика Земли имеет единый *генетический код*. Информация о строении белков организма хранится в закодированном виде в структуре молекул ДНК. Правила кодировки нам известны, но они не поддаются какой-либо логике. Похоже, что природа установила эти правила произвольным образом, но однажды принятый «стандарт» един для всех биосистем Земли и никогда не нарушается.

Теория креационизма хорошо вписывается в принцип роста энтропии (Бог однажды устроил мир идеальным образом, теперь мир может только деградировать) и легко объясняет природу целесообразности в устройстве Вселенной. В то же время теория эволюции подтверждается огромным количеством научных фактов. Слабым местом эволюционизма является отрицание всякого рода целесообразности в природе и признание случайности, господствующей в эволюционном процессе, что никак не согласуется с данными статистического анализа, который говорит, что всего времени существования Выселенной не хватит на то, чтобы воспроизвести существующие формы случайным образом. В

то же время новые достижения синергетики (наука о самоорганизации) позволяют надеяться на то, что в научном понимании жизни уже в ближайшее время ожидается существенный прорыв. Мы уже понимаем механизмы самоорганизации.

Что касается целесообразности Вселенной, не вписывающейся в концепцию «слепых законов природы», то выход здесь следует искать в принципе дополнительности. То есть земная жизнь является естественным следствием *глобального эволюционного процесса*, который в свою очередь достаточно однозначно «запрограммирован» в структуре изначальных холистских принципов существования Вселенной.

8.2. Самоорганизация в природе. Принципы разрушения и созидания. Принцип минимума диссипации энергии. Принцип Онзагера

Динамика Вселенной проявляется в двух взаимодополнительных процессах: разрушение и созидание. Исторически первым был открыт принцип разрушения, известный как принцип роста энтропии. Как выяснилось, этот закон имеет всеобщий характер.

Существование процессов усложнения форм жизни вытекает из принципа дополнительности: при наличии во Вселенной процессов разрушения следует ожидать в ней равного по объему созидания. Более конкретно, жизнь является следствием принципа Ле Шателье - Брауна: рост энтропии Вселенной вызывает процессы, сдерживающие этот рост, то есть направленные на рост *негэнтропии* (негэнтропия – мера упорядоченности), а значит, на возникновение и усложнение упорядоченных структур. Это называется *самоорганизацией*.

Если учесть, что энтропия является не только мерой хаоса, но и мерой качества энергии, мерой ее концентрации и направленности, то неизбежность самоорганизации в природе можно вывести также из вариационного *принципа минимума диссипации (рассеяния) энергии: если возможно множество сценариев протекания процесса, согласных с законами сохранения и связями, наложенными на систему, то в реальности процесс протекает по сценарию, которому отвечает минимальное рассеяние энергии, то есть минимальный прирост энтропии.* Другими словами, если в ходе процесса возможно образование упорядоченных устойчивых статических или динамических структур в локальных областях системы, то они обязательно возникнут, уменьшая тем самым суммарный прирост энтропии.

Долгое время было непонятно, каким образом в живых организмах «обходится» запрет на рост энтропии. Сейчас мы знаем, что в основе самоорганизации лежит *принцип Онзагера: одновременно протекаю-*

щие процессы могут влиять друг на друга так, что хотя в каждом из процессов в отдельности энтропия не может уменьшаться, но, взятые вместе, они могут компенсировать уменьшение энтропии в одном из процессов за счет еще большего увеличения в других. В итоге по всем процессам энтропия растёт.

Следствия из принципа Онзагера:

- 1) самоорганизующая система должна быть *открытой* по отношению к окружающей среде;
- 2) она может существовать, уменьшая внутреннюю энтропию, только за счет увеличения энтропии (разрушения) внешней среды.

Поэтому любая самоорганизующаяся система может существовать только в потоке энергии, при этом энтропия потока энергии на входе в систему меньше, чем энтропия выходного потока (система потребляет более концентрированную энергию, а выдает более рассеянную). В энергетический поток система сбрасывает свою внутреннюю энтропию (неупорядоченность), из этого потока она берет необходимый ей порядок, что позволяет ей существовать длительное время без саморазрушения. Для этого, например, мы потребляем пищу, разрушая ее внутри себя, высвобождая таким образом накопленную в ней информацию (порядок, мерой которого является свободная энергия), и за счет этого упорядочивая свою структуру. Продукты разрушения, несущие в себе хаос, мы выбрасываем в окружающую среду.

Согласно Пригожину, любая самоорганизующаяся система должна обладать рядом особенностей:

- 1) *открытостью*, то есть их существование немислимо без постоянного взаимодействия с окружающей средой;
- 2) *неравновесностью*, то есть энтропия в данной системе существенно меньше энтропии окружающей среды;
- 3) *нелинейностью*, то есть непропорциональностью изменения различных свойств системы, ограниченностью пределов изменения этих свойств, что приводит к разного рода фазовым переходам.

В процессе самоорганизации происходит самопроизвольный поиск устойчивых структур. Под *устойчивостью* системы понимают ее способность сохранять свою структуру при наличии внешних воздействий на нее; при снятии воздействия такая система должна вернуться в исходное состояние. Для устойчивых систем характерно подобие части и целого. Только тогда система сможет потреблять энергию (упорядочивающий фактор) из окружающей среды, когда она подчинена принципу соответствия (резонанса) с окружающей средой. Однако подобие не должно быть абсолютным. «Свобода выбора», непредсказуемость в поведении систем дает перспективы для дальнейшего развития (поиска

новых форм организации). Излишек стабильности, предсказуемости также грозит гибелью, как и отсутствие системного «законопослушания».

8.3. Эволюция жизни на Земле. Космопланетный характер жизни на Земле

Под действием сил гравитации протопланетное облако сжимается, и недра планеты значительно разогреваются. Возрастает и поток энергии в космос, который выступает для планеты в роли «холодильника». Согласно принципу Ле Шателье это приводит к формированию структур, аккумулирующих энергию, уменьшая темпы остывания планеты. Сначала идет кристаллизация минералов земной коры, потом - химическое усложнение вещества по цепи: органика-полимеризация-белки-РНК-ДНК.

Первые живые организмы существовали, по-видимому, за счет энергии недр планеты. Остатки такой жизни обнаружены в глубоководных рифтовых разломах. Ее основу составляют *хемосинтезирующие* (высвобождающие энергию за счет реакции окисления простых неорганических соединений, например сульфида или аммиака) бактерии, но имеются и более сложные многоклеточные существа (типа червей). По мере остывания планеты подобные формы жизни уступают место *фотосинтезирующим* организмам, существующим за счет энергии Солнца. Динамика остывания поверхности планеты в условиях относительной стабильности температуры Солнца обеспечивает, по-видимому, однонаправленность процессов усложнения форм самоорганизующихся систем. Вероятно, существует еще немало подобных факторов, посредством которых планета, Солнце, космос и, в конечном итоге, вся Вселенная направляют, «руководят» процессами самоорганизации.

Уже на уровне макромолекул можно говорить о жизни в общепринятом понимании. Вершина эволюции молекул – *вирусы* (вирус – это молекула ДНК, окруженная белковой оболочкой). Тейяр де Шарден предполагал, что прежде, чем была создана первая живая клетка, на Земле существовала эра вирусов. Первые клетки по теории Опарина возникли в результате эволюции коацерватных капель. Это пример *агрегации* (создание групп с определенной внутренней структурой) в мире макромолекул. Крупные молекулы имеют обычно сложную форму. Поэтому энергетически более выгодно оказывается слияние этих молекул в каплю. Сложные капли способны улавливать и впитывать в свою структуру определенные вещества из окружающего их раствора, поддерживая этим стабильность своей структуры.

Агрегация клеток приводит к возникновению *многоклеточных организмов*. Эволюция многоклеточных сначала шла по линии усложнения физиологии, потом (а частью и одновременно) поведения по цепи: раздражимость-инстинкт-психика-сознание. Эволюция поведения свидетельствует об агрегации многоклеточных организмов, то есть о формировании и эволюции систем более высокого иерархического уровня - *социальных систем* типа стаи, общества и т.п., которые с полным правом можно назвать *социальными живыми существами*, наиболее яркими примерами которых являются муравейники, пчелиные семьи, человеческая цивилизация и т.п. Здесь присутствует органичная целостность и функциональная взаимозависимость.

Было время, когда жизнь на поверхности Земли развивалась только за счет разогревающихся недр планеты, потом она «открыла» новый источник энергии – Солнце, и «изобрела» хлорофилл, позволивший связывать и аккумулировать солнечную энергию. Возможно, сейчас мы являемся свидетелями того, как планета пытается найти новый источник энергии. Может быть для этого мы и созданы?

8.4. Характерные черты эволюционного процесса

Эволюция есть, по-видимому, следствие единства Вселенной: расширение Вселенной в соответствии с принципом Ле Шателье вызывает ответный поток роста сложности организации ее структуры. Эволюцию нельзя остановить пока расширяется Вселенная. Эти два процесса, по-видимому, взаимодополнительны.

Для усложнения своей структуры природа задействует «взрывной механизм». То есть по мере расширения, являющегося результатом предыдущего взрыва, происходят локальные сжатия (консолидация) элементов (например, свободное расширение в пространстве облака водяного пара приводит к уменьшению его температуры и конденсацию молекул воды в капли), на более высоких стадиях эволюции консолидация принимает форму агрегации (например, рост численности людей на планете сопровождается тенденцией к концентрации людей в крупных городах). Сжатие останавливается внутренними процессами (например, сжатие звезды останавливается внутренним давлением разогретых недр; концентрация людей в городах сопровождается ростом их агрессивности, тормозящей дальнейшую консолидацию), после чего система стабилизируется. В стабилизовавшейся системе происходит дифференциация внутренней структуры, своего рода поиск энергетически выгодной внутренней организации, которая удовлетворяла бы принципу оптимальности (в недрах звезды идет синтез тяжелых элементов; в городах формируется инфраструктура, принима-

ются законы, регламентирующие внутренние отношения и снимающие остроту внутренних противоречий). За счет высвободившейся энергии происходит прогрессирующее усложнение форм организации. Когда резервы синтеза новых структур будут исчерпаны (например звезда практически исчерпывает все термоядерное топливо) система становится нестабильной и взрывается (недра звезды коллапсируют, то есть сжимаются силами гравитации до предельно малых размеров, а верхние оболочки сбрасываются в космическое пространство).

Итогом звездной эволюции является взрыв *сверхновой*. Социальные системы эволюционируют, по-видимому, аналогичным образом. На месте социального взрыва остается упорядоченная структура, хранящая в себе «достижения» целесообразности, найденные в предыдущем периоде. Именно по такому алгоритму формировались, по-видимому, муравейники, термитники, пчелиные семьи и т.п. Еще раньше по такому же алгоритму из одноклеточных существ формировались многоклеточные организмы. Сейчас мы являемся свидетелями формирования подобной структуры на базе таких сложных существ, как люди.

Алгоритм поиска новых форм системной организации Тейяр де Шарден назвал «тактикой пробного нащупывания». Согласно Шардену жизнь действует путем создания множества различных вариантов (мутаций), которое, расширяясь во всех возможных направлениях, обязательно найдет верные решения задачи поиска наиболее удачной организации живых существ, отвечающих требованиям внешней среды в данный момент времени. Такая тактика есть «неотразимое оружие всякого расширяющегося множества. В нем сочетаются слепая фантазия больших чисел и определенная целенаправленность. Это не просто случай, с которым его хотели смешать, но направленный случай. Все заполнить, чтобы все испробовать. Все испробовать, чтобы все найти». «Размножаясь в бесчисленности, жизнь делает себя неуязвимой от наносимых ей ударов и умножает свои шансы на продвижение вперед». «Нащупывающее изобилие, созидательная изобретательность, безразличие ко всему, что не является будущностью - таковы три тенденции поднимающие жизнь все выше и выше».

Когда какой-то вид сталкивается с определенной проблемой, например с изменением условий существования, то в нем увеличивается количество мутаций, которые «прощупывают» все возможные варианты изменения структуры организма. Неудачные мутации «забраковываются» внешней средой. Среди огромного количества вариантов обязательно найдутся такие, для которых новые условия среды окажутся наиболее оптимальными. Такие решения получают преимуще-

щества во внутривидовой конкуренции, быстро заполняя собой имеющиеся экологические ниши. Остальные уходят с арены жизни, обогатив ее опытом ошибок. Они как бы отдают свою жизненную силу тем, кто «угадал» правильный путь. Все работает на благо выживания вида в целом, а не отдельной особи.

Если изобразить этот процесс в виде графа решений, то мы увидим, что из одной исходной точки выходит множество ветвей, большинство из которых оканчиваются достаточно быстро, другие же наоборот усиливаются и расширяются (рис.10). Процесс завершается формированием нескольких устойчивых ветвей (фил), которые в дальнейшем структурно практически не изменяются. Происхождение видов обычно изображают в форме так называемого *филогенетического дерева*, построенного по оси времени (рис.11). Ветви дерева называются *филами*. Точки разветвления фил называются *мутовками*. В мутовках берет начало целый букет новых видов. Некоторые уже вымерли, другие дошли до наших дней, третьи породили новые мутовки и ушли с арены жизни. Особенность мутовки в том, что в одно время рождаются самые непохожие друг на друга организмы. Будущее принадлежит лишь некоторым мутантам, которые появляются практически сразу же в законченном виде, то есть

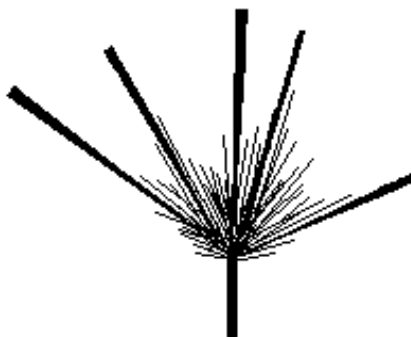


Рис.10. Рождение фил

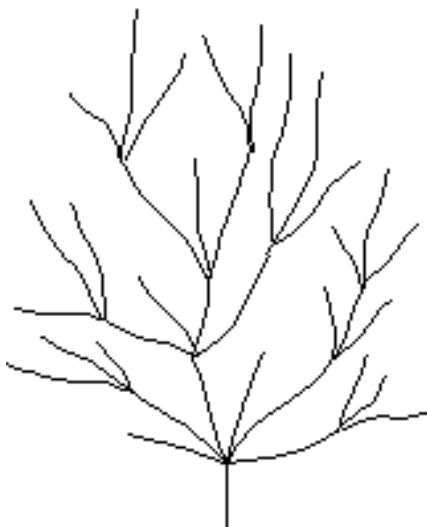


Рис.11. Филогенетическое дерево

без каких либо промежуточных звеньев. Существует точка зрения, что человекообразные обезьяны, реликтовые гоминоиды (петикантроп, неандерталец и т.п.) и современные люди возникли одновременно в процессе единой мутовки, поэтому бесполезно искать промежуточные ветви.

9. Особенности биологического уровня организации материи

9.1. Теория Вернадского. Понятие биосферы. Теория ноосферы

Биосфера является самой крупной, глобальной экосистемой планеты. Понятие биосфера было введено в 1875 году Э. Зюссом. Но наибольшее развитие это понятие получило в трудах В.И. Вернадского. Под биосферой он понимал все пространство литосферы, гидросферы и атмосферы, где существует или когда-либо существовала жизнь, то есть где встречаются организмы или продукты их жизнедеятельности.

Основные положения теории Вернадского:

- 1) жизнь есть неизбежное следствие мирового эволюционного процесса, любые теории случайного зарождения жизни не выдерживают критики;
- 2) возникновение Земли как космического тела и появление на ней жизни произошло практически одновременно, следы жизни обнаруживаются в самых глубоких геологических слоях;
- 3) наша планета и космос есть единая система, в которой жизнь связывает все процессы в единое целое;
- 4) количество живого вещества на Земле является постоянной величиной, то есть во все времена с начала существования Земли в круговорот жизни было вовлечено то же количество вещества, что и сегодня;
- 5) жизнь является главной геологической силой на планете (не вулканизм и не процессы выветривания определяют лик планеты; ее ландшафты, химизм океана, структура атмосферы и т.п. - это порождение жизни);
- 6) человек есть неизбежное следствие эволюции планеты, на которого возложена определенная роль в ее жизни;
- 7) в настоящее время именно человек превращается в главную геологическую силу на планете;

8) однажды развитие биосферы и общества делается неразрывным, и биосфера перейдет в новое состояние - *ноосферу* (сфера разума).

В общепринятом понимании под ноосферой подразумевают такое состояние взаимоотношений человека и природы, в котором развитие планеты будет подчинено управляющей силе Разума Человека в интересах Человека. С такой формулировкой не все согласны. С точки зрения Тейяра де Шардена, друга Вернадского, ноосфера - это особый этап эволюции планеты, на котором человеческий разум, слившийся с биосферой в единое целое, породит особое эмерджентное качество - сверхразум планеты, что знаменует собой «прорыв» в самоосознание планетой себя как личности.

Известно, что недра планеты и космические процессы активно влияют на процессы в биосфере. Таким образом, сфера жизни оказывается плотно вплетенной в единую ткань Вселенной, поэтому границы ее весьма условны.

Основные свойства биосферы.

1. Биосфера - это централизованная система. Центральным ее звеном выступают все живые организмы (живое вещество), в том числе и человек.

2. Биосфера - это открытая система. Ее существование немислимо без поступления энергии извне, прежде всего от Солнца..

3. Биосфера - это саморегулирующаяся система. Это свойство называют гомеостазом, понимая под ним способность гасить возникающие возмущения и приходить в исходное состояние включением ряда механизмов.

4. Биосфера - это система, характеризующаяся большим разнообразием. Это повышает ее устойчивость за счет дублирования функций.

5. Наличие механизмов, обеспечивающих круговорот веществ. Это гарантирует неисчерпаемость отдельных химических соединений.

9.2. Движение вещества и энергии в биосфере. Энергетическая функция жизни

Вещество, необходимое для жизни (биогенное), может использоваться многократно. Эти процессы называются *круговоротами веществ* или *биогеохимическими циклами*. Часть вещества уходит из круговорота в *захоронения* в виде угля, торфа, нефти, осадочных пород и т.п. Примерно столько же поступает в биосферу из недр планеты в процессе вулканической деятельности.

Энергия для круговоротов веществ поставляется от Солнца. Механизмы круговоротов основаны главным образом на биологических процессах. По сути дела, жизнь аккумулирует энергию Солнца в кру-

говоротах вещества подобно тому, как турбулентный поток аккумулирует энергию в вихревых движениях газа или жидкости. Энергетическая функция (аккумулирование энергии) является важнейшей функцией жизни на планете.

Для жизни важно не столько количество энергии, сколько ее качество, антиэнтропийность, информационное содержание. Энергия потребляется от Солнца растениями в процессе фотосинтеза в достаточно рассеянном (некачественном) виде. Главная особенность жизни в способности концентрировать энергию, передавая ее вдоль пищевой (трофической) цепи.

Трофическая цепь иерархична, то есть состоит из последовательности уровней, называемых *трофическими*. Организмы, стоящие на каждом трофическом уровне приспособлены природой для потребления определенного вида пищи, в качестве которой выступают организмы предыдущих трофических уровней. В начале пищевой цепи стоят *автотрофы* (самопитающиеся), или *продуценты* (создающие первичную продукцию), как правило, это растения. Ниже идут *гетеротрофы* (питающиеся другими), или *консументы* (потребители). Заключают цепь *деструкторы* (разрушители), или *редуценты*, разлагающие органику до минерального состояния и возвращающие (редуцирующие) вещества в круговорот.

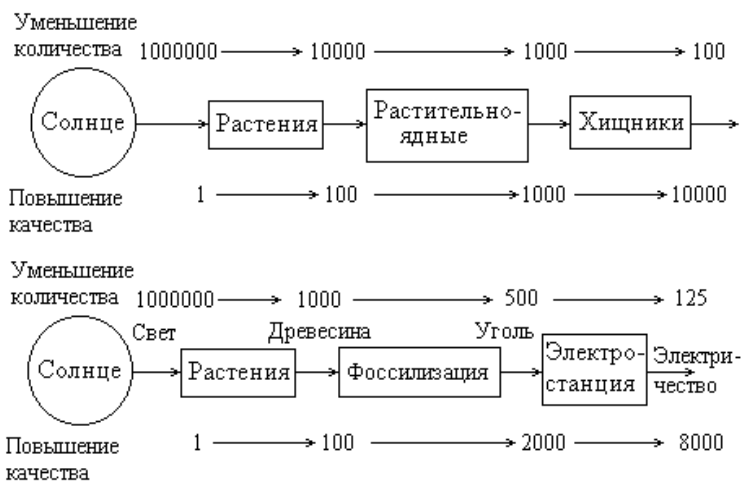


Рис.12. Движение энергии вдоль пищевой цепи и в производстве

С каждого трофического уровня на следующий передается только около 10% энергии, потребляемой на данном уровне (рис.12). Поэтому количество живого вещества на каждом последующем уровне меньше, чем на предыдущем. Вместе с тем каждый следующий уровень трофической цепи аккумулирует в себе более качественную энергию, что позволяет ему играть регулирующую функцию по отношению к нижним уровням. Здесь *качество (информативность) энергии, как меры ее концентрации, становится синонимом осмысленности*, а понятие информации приобретает общепринятый смысл.

9.3. Энергетика живых существ

Вывод энтропии (неупорядоченности) из организма есть непременное условие его существования. Все процессы жизнедеятельности сопровождаются ростом внутренней энтропии организма $\Delta S_i > 0$. Так клетка, чтобы не погибнуть, должна потребить из окружающей среды отрицательную энтропию (*негэнтропию, информацию*) $\Delta S_e < 0$, что равносильно выводу энтропии из организма. Для этого обычно используется энергия химических реакций. Нужно взять из окружающей среды необходимые компоненты (пища) и создать условия для протекания реакции, продуктами которой должны стать вещества с большей энтропией, чем исходные компоненты. Обычно в этих реакциях разрушаются структуры более сложных молекул, например, белков, жиров или углеводов. Затем продукты распада удаляются из организма. Себе же организм оставляет нечто, характеризующееся разницей энтропии исходных компонентов и энтропии продуктов реакции $\Delta S_e = S_{\text{исх}} - S_{\text{прод}} < 0$. Это нечто мы называем свободной энергией, которая по отношению к данному организму обладает отрицательной энтропией (негэнтропией), и за счет которой приводятся в движение внутренние упорядоченные процессы.

Часть свободной энергии используется на организацию ряда эндотермических реакций, то есть связывается в сложных молекулярных структурах. В первую очередь это реакции синтеза необходимых белков, нуклеиновых кислот и т.п. Эта доля свободной энергии идет на строительство и «ремонт» организма, то есть на упорядочение внутренней структуры.

Ввиду наличия в своей структуре сложномолекулярных соединений, данный организм может служить пищей для другого организма. При этом его структура подвергается механическому и химическому разрушению, а высвободившаяся свободная энергия используется для упорядочения собственной структуры другого организма. Таким образом формируется трофическая цепь, в которой происходит перенос

энергии через ряд организмов путем поедания одних организмов другими.

9.4. Особенность энергетики человека

В настоящее время наиболее мощные управляющие функции в биосфере несет на себе человек. Следуя по логике рассуждений, мы должны стоять в пищевой цепи после всех хищников. Однако мы все не питаемся хищниками. Анатомическое строение человека (строение зубов, пищеварительной системы и т.п.) свидетельствует, что человек вообще не является хищником. Скорее всего, мы должны питаться плодами и семенами растений. Главная особенность энергетики современного человека в том, что она в большей части вынесена за пределы человеческого тела. Так мясо мы едим только после предварительной термической обработки. По сути дела, кухня является продолжением нашего желудка, существенно облегчая его работу.

Но еще более сильно наша энергетика вынесена в сферу производственной деятельности (рис. 12). Мы продолжаем тенденцию к концентрации энергии, которая прослеживается в пищевых цепях, но для этого мы используем не свое тело, а плоды своих рук. Например, мы концентрируем массивы угля в одном месте, где непрерывно его сжигаем, концентрируя высвободившуюся тепловую энергию, преобразуя ее в электроэнергию, за счет которой мы упорядочиваем минеральное царство, придавая ему форму жилых домов, машин, произведений искусства и т.п. Мы действительно сильнее хищников, мы действительно «питаемся» хищниками и не только хищниками, но и месторождениями полезных ископаемых, массивами лесов, ландшафтами, морями (например, мы почти уже «выпили» Аральское море) и многим-многим другим. Но наши «органы пищеварения» находятся внутри тела цивилизации, а не внутри наших тел. Поэтому мы даже не заметили, как разрослись эти органы и «съели» уже практически всю природу.

Именно в сфере энергетики наиболее ярко проявляется роль человека на планете. Долгое время жизнь на Земле развивалась, по-видимому, за счет внутреннего тепла планеты. Затем земная жизнь «изобрела» хлорофилл и переключилась на энергетику Солнца. Вполне возможно, что в лице человека Жизнь ищет новый, более мощный источник энергии. Неслучайно поэтому поиск новых источников энергии является одним из основных направлений развития цивилизации. Концентрируясь в человеческой цивилизации, энергия дает человеку силу для управления природой. Именно здесь, по-видимому, лежат основные механизмы перехода биосферы в состояние ноосферы,

когда человек перестанет противопоставлять себя природе и из «покорителя» превратится в главное звено управления природными процессами на планете.

9.5. Структура живых существ

Строение и поведение организма в значительной мере определяется его генотипом, основу которого составляет набор *хромосом*. Каждая хромосома представляет собой свернутую молекулу *ДНК*, в структуре которой в зашифрованном виде хранится информация о структурах белков. Молекула белка представляет собой цепь из последовательно расположенных *аминокислот*, а молекула ДНК сложена из последовательно расположенных *нуклеотидов*. Три нуклеотида (*триплет*) соответствуют определенной аминокислоте в составе белка. Последовательность таких триплетов на определенном фрагменте молекулы ДНК (данный фрагмент называется *геном*) кодирует последовательность соответствующих аминокислот в молекуле белка. Код этот в настоящее время расшифрован. Триплет позволяет реализовать $4^3=64$ различных сочетаний нуклеотидов (всего используется 4 различных нуклеотида). Всего таким образом можно закодировать присутствие в молекуле белка до 64 различных видов аминокислот (задействовано всего 20).

Как рождалась таблица генного кода, нам неизвестно. Несомненно лишь то, что в принципах кодировки присутствует доля свободы выбора, точно так же, как, например, в случае кодировки компьютерных систем, где символу «А» соответствует числовой код 65, символу «В» - код 66 и т.п. По большому счету вся таблица является следствием определенного соглашения, которое выступает в роли стандарта для компьютерных систем различных фирм, конструкций и т.п., что обеспечивает информационную совместимость этих систем. Код ДНК также призван обеспечить совместимость (родство) биосистем.

В зависимости от состава внутренней среды организма в хромосомах клеток активизируются различные гены, следовательно, синтезируются различные белки, состав которых однозначно определяет организацию и функциональность каждой клетки и организма в целом. Все клетки данного организма имеют одинаковый набор молекул ДНК. Это достигается за счет уникальной способности ДНК создавать свои точные копии. Поэтому при делении клетки каждая из дочерних клеток получает одинаковую наследственность. Однако в процессе жизнедеятельности разные клетки оказываются в разных условиях внутренней среды организма. Поэтому у разных клеток активизируются различные фрагменты ДНК, что вызывает различную функциональ-

ную специализацию клеток, формируются различные органы, ткани и т.п. То есть строение и поведение любой биосистемы (например клетки) определяется как ее наследственностью, так и составом среды, в которой она развивается. Генетическая программа представляет собой именно программу, которая не жестко направляет процесс эволюции, а регламентирует, что делать при возникновении тех или иных условий.

В генетической программе биосистемы содержится достаточно исчерпывающий набор реакций на самые различные требования среды. В то же время иногда возникают ситуации, не предусмотренные программой. Тогда запускается механизм оптимизационного поиска верного решения. Если решение найдено, то механизмы отбора обязательно закрепят его в форме соответствующего фрагмента ДНК. Таким образом, генетическая программа постоянно развивается и совершенствуется.

Возможно, одним из механизмов клеточных мутаций является искажение генетической программы клетки совершенно чуждой информацией, поставляемой вирусами. Вирус представляет собой молекулу ДНК, окруженную белковой оболочкой. Попадая в клетку, ДНК вируса включается в ее работу, заставляя клетку синтезировать ДНК и белки вируса. Иногда вирус не подавляет клетку хозяина бурным размножением, а мирно существует в ней. Так, например, онкогенные вирусы в отличие от инфекционных внедряются непосредственно в хромосомный аппарат клетки, встраиваясь в генетическую программу зараженной клетки. Такая клетка становится раковой. При росте опухоли автоматически происходит размножение вирусной генетической программы. Иногда клеткам удается как-то «договориться» с тем или иным вирусом и построить с ним взаимовыгодный *симбиоз*, который не только сглаживает конфликт между хозяином и паразитом, но и еще более укрепляет исходное единство, делая его более богатым и жизнеспособным. Симбиоз энергетически более выгоден, чем система «хозяин-паразит», поэтому такие системы очень часто эволюционируют к состоянию симбиоза.

Разные организмы, а тем более разные виды организмов содержат разные наборы ДНК. Каждый такой набор определяет специфику той функции, которую данный вид организмов будет выполнять в составе биосферы, участвуя тем самым в поддержании ее устойчивости. Тем не менее, в основе каждого генотипа любого вида живых организмов лежит нечто общее, что можно с полным правом назвать генетической программой жизни в целом, которая определяет набор возможных реакций на самые различные внешние воздействия, порождая в ответ на

эти воздействия новые конкретные генотипы, соответствующие новым видам живых существ.

9.6. Усложнение живых существ

Принцип роста энтропии требует разрушения структур. Однако разрушаться можно путем усложнения. Именно по этому пути движется глобальный эволюционный процесс. При этом природа никогда не стремится достичь полного хаоса на данном уровне системной иерархии. Так если в простейших неживых системах тенденция к возникновению хаоса реализуется обычно в стремлении вещества к рассеянию (например растворение сахара в воде), то уже в случае сложных органических соединений больший хаос (рассеяние энергии) может быть достигнут именно при концентрации вещества, например, капли масла, рассеянные в воде, стремятся слиться в одну большую каплю. Дело в том, что молекулы воды «окутывают» молекулу углеводорода своеобразной упорядоченной оболочкой. Поэтому чем больше поверхность масла, тем более упорядочиваются молекулы воды, чего природа допустить не может. Поэтому в хаосе движения капель они обязательно примут состояние с наименьшей поверхностью, то есть сольются в одну большую каплю, что послужило в свое время началом одноклеточной жизни.

В биосистемах стремление к хаосу реализуется в еще более сложных механизмах, например в процессе деления клеток. Производство энтропии за счет протекания внутриклеточных процессов пропорционально объему клетки V , а отток энтропии из клетки пропорционален площади ее поверхности S . Если клетка имеет форму шара, то $V=4\pi r^3/3$, $S=4\pi r^2$. Прирост энтропии в клетке $\Delta S=A \cdot 4\pi r^3/3 - B \cdot 4\pi r^2$. При малых радиусах прирост энтропии $\Delta S < 0$. С ростом клетки ее радиус увеличивается, пока не достигнет некоторого критического значения при $r=3B/A$, характеризующегося $\Delta S=0$. В случае дальнейшего роста энтропия в клетке будет расти $\Delta S > 0$. Чтобы не допустить этого, она должна разделиться, иначе она погибнет от голода, перегрева и отравления своими же отходами.

Существуют и другие механизмы, решающие данную проблему. Клетка может увеличить площадь своей поверхности, например, приобрести форму эллипсоида, цилиндра (палочки) или нити, образовать корнеподобные выросты, ложноножки и т.п. Многоклеточные организмы решают подобную проблему аналогичным образом. У растений увеличивается поверхность листьев и корней. У животных в отличие от растений подобное увеличение поверхности упрятано обычно внутрь организма, чтобы не мешать движению. Нечто аналогичное

происходит и в рамках таких сверхорганизмов, как экосистемы. Здесь дифференциация достигается путем увеличения *экологических ниш* и *разнообразия видов*, удлинением и усложнением пищевых цепей, совершенствованием внутривидовых и межвидовых отношений и т.п.

Таким образом жизнь научилась использовать разрушение во благо, поэтому разрушение не обязательно сопровождается гибелью биосистем. «Умеренное разрушение», на которое накладываются определенные запрограммированные ранее ограничения, приводят к расширению и усложнению жизни. Наиболее характерно в этом отношении деление клетки. Здесь смерть и рождение слились в одном процессе. Очень ярко об этом свойстве жизни выразился Ричард Бах: «Там, где глупец видит смерть гусеницы, мудрец видит рождение бабочки».

Библиографический список

1. **Чирцов А.С.** Современные концепции естествознания. Конспект лекций для факультетов экономической ориентации, – ИМИСП, 1996. (компьютерная версия)
2. **Дубнищева Т.Я., Пигарев А.Ю.** Современное естествознание: Учеб. пособие. – Новосибирск: ООО «Изд. ЮКЭА», 1998. – 160 с. (компьютерная версия)
3. **Тихонов А.И.** Экология: Учеб. пособие для студентов технич. вузов – ИГЭУ, 2001. (компьютерная версия)
4. **Горбачев В.В.** Концепции современного естествознания: Учеб. пособие. В 2-х ч. – М.: ГИНФО, 2000.
5. **Рузавин Г.И.** Концепции современного естествознания: Учеб. для вузов. –М.: Культура и спорт, ЮНИТИ, 1999. – 288 с.
6. **Энциклопедический словарь юного физика/ Сост. В.А.Чуяноа.** – 2-е изд., испр. и доп.- М.: Педагогика, 1991. – 336 с., ил.
7. **Одум Ю.** Экология: В 2-х т. Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 376 с., ил.
8. **Реймерс Н.Ф.** Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) – М.: Россия Молодая, 1994 – 367 с.
9. **Научная мысль, как планетарное явление/ В.И.Вернадский.** – М.: Наука, 1991. – 271 с.
10. **Кибернетика и ноосфера.** – М.: Наука, 1986. – 160 с., ил. – (Серия «Кибернетика - неограниченные возможности и возможные ограничения»).

11. **Цехмистро И.З.** Диалектика множественного и единого. Квантовые свойства мира как неделимого целого. М.: Мысль, 1972. – 276 с.
12. **Сороко Э.М.** Структурная гармония систем / Под ред. Е.М. Бабосова. – Мн.: Наука и техника, 1984. – 264 с.
13. **Югай Г.А.** Общая теория жизни: (диалектика формирования). – М.: Мысль, 1985. – 256 с.
14. **Философский словарь.** / Под ред. И.Т. Фролова. – 5-е изд. – М.: Политиздат, 1987., – 590 с.
15. **Моисеев Н.Н.** Человек и ноосфера. – М.: Мол. гвардия, 1990. – 351[1] с., ил.
16. **Силк Дж.** Большой взрыв: Пер. с англ. / Перевод Полнарева А.Г.; Под ред. и с предисл И.Д. Новикова. – М.: Мир, 1982. – 391 с., ил.
17. **Фейнман Р.** Характер физических законов: Пер. с англ./ Под ред. Я.А. Смородинского. – М.: Мир, 1968. – 232 с., ил.
18. **Готт В.С.** Философские проблемы современной физики: Учеб. пособие для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1988. – 343 с.
19. **Девис.П.** Суперсила: Пер. с англ./ Под ред. и с предисл. Е.М. Лейкина. – М.: Мир, 1989. – 272 с.
20. **Эткинс П.** Порядок и беспорядок в природе: Пер. с англ./ Предисл. Ю.Г. Рудого. – М.: Мир, 1987. – 224 с., ил.
21. **Тейяр де Шарден П.** Феномен человека. Пер. с франц. – М.: Гл. ред. изд. для заруб. стран изд-ва «Наука», 1987. – 240 с., ил.
22. **Волькенштейн М.В.** Энтропия и информация. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – «Проблемы науки и технического прогресса». – 192 с., 49 ил.
23. **Шамбадаль П.** Развитие и приложения понятия энтропии. Пер. с франц. В.Т. Хозяинова. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1967. – 278 с.
24. **Седов Е.А.** Одна формула и весь мир. Книга об энтропии. М.: Знание, 1982. – 176 с. – (Наука и прогресс).
25. **Эйген М., Винклер Р.** Игра жизни: Пер. с нем. Андреева В.М. / Под ред. М.В. Волькенштейна – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1979. – 94 с.
26. **Опарин А.И., Фесенков В.Г.** Жизнь во Вселенной. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1956. – 224 с.
27. **Шкловский И.С.** Вселенная, жизнь, разум. 3-е изд. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1973. – 335 с., ил.
28. **Афанасьев В.Г.** Мир живого: системность, эволюция и управление. – М.: Политиздат, 1986. – 334 с.

29. **Адабашев И.И.** Мировые загадки сегодня. – М.: Политиздат, 1969. – 320 с.
30. **Биология** / А.А.Слюсарев, С.В.Жукова. – Киев.: Вища шк. Головное изд-во. 1987. – 415 с.
31. **Общая биология.** Ю.И.Полянский, А.Д.Браун, Н.М.Верзилин и др. Учеб. для 10 – 11 кл. сред. шк. / Под ред. Ю.И. Полянского. – 23-е изд. – М.: Просвещение, 1993. – 287 с., ил.
32. **Сазанов А.А.** Четырехмерный мир Минковского. – М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1988. – (Пробл. науки и техн. прогресса). – 224 с.
33. **Фундаментальная** структура материи: Пер. с англ./ Под ред. и предисл. А.Д. Суханова. – М.: Мир. 1984. – 312 с., ил. – (В мире науки и техники)

Оглавление

1. Общие вопросы	3
2. Механистический период естествознания	9
3. Кризис ньютоновской концепции пространства-времени	16
4. Кризис классической естественно-научной картины мира	22
5. Развитие концепций строения вещества.	29
6. Целесообразность во Вселенной.	36
7. Системный подход в естествознании	42
8. Теория самоорганизации	50
9. Особенности биологического уровня организации материи	57
Библиографический список	65

Тихонов Андрей Ильич

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Методическое пособие

Редактор В.Н.Махова

Лицензия ИД №05285 от 4 июля 2001г.

Подписано в печать 23.03.2002. Формат 60x84 1/16.
Печать плоская. Усл. печ. л. 3,95. Уч.изд.л.4,09
Тираж 100 экз. Заказ
Ивановский государственный энергетический университет.
Отпечатано в РИО ИГЭУ
153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34.