**Панорама современного естествознания**

Остановимся лишь на ключевых, концептуальных положениях, сгруппировав их в три больших класса, сообразно масштабу объектов и рассматриваемых процессов: микро-, макро-  и мега- .

**1. Микрофизика.** Основными предметами этого раздела естествознания являются элементарные частицы, фундаментальные физические поля, пространство-время и их взаимодействия. Синонимом микрофизики являются «физика высоких энергий» или «физика элементарных частиц». В предыдущем модуле мы уже кратко обсуждали краеугольные камни этого фундаментального раздела современной науки. После открытий Бора, Резерфорда, Эйнштейна и др. квантовая механика продолжала развиваться и к середине 30-х годов 20-го века выросла в мощную, сильную математизированную теорию микромира. Было открыто множество «элементарных» частиц и реакций между ними, в результате которых они превращались друг в друга или рождали новые, неизвестные до той поры частицы. Помимо гравитационного и электромагнитного полей, которые безуспешно пытался объединить в рамках одной теории Эйнштейн, обнаружились еще два фундаментальных физических поля: ядерное (сильное) и слабое, которые по своим свойствам отличались от двух предыдущих. Были открыты ядерные реакции, приводившие к синтезу или распаду ядер на более мелкие осколки, увеличению или уменьшению их электрического заряда на один или два элементарных. Т.е. открылась новая отрасль науки - ядерная химия. Фактически на новом витке развития науки осуществилась вековая мечта полузабытых алхимиков о превращении одного химического элемента в другой. Несколько хорошо оснащенных лабораторий мира продолжают «удлинять» таблицу Менделеева в сторону  с большим атомным номером. В природе не существует элементов тяжелее урана, т.к. они нестабильны и относительно быстро распадаются, если их даже получить искусственно путем ядерной реакции. Причем, чем дальше они отстоят в таблице Менделеева от урана, тем период полураспада делается меньше, уменьшаясь до малых долей секунды. Но в области атомных номеров 114-116 (уран имеет атомный номер 92) теория предсказывает «остров стабильности», где могут существовать химические элементы с совершенно удивительными свойствами. Первые атомы (да-да, не удивляйтесь, в экспериментах по созданию новых химических элементов счет идет буквально на атомы) с такими высокими элементами уже в 21 веке получили российские ученые из Объединенного института ядерных исследований в подмосковном городе Дубна. Росло и число вновь открываемых «элементарных» частиц. Современные справочники содержат сейчас уже около 400 таких частиц (вместе с античастицами, у которых все свойства,  кроме электрического заряда тождественны соответствующим частицам). По всеобщему мнению - это слишком много,  для того чтобы образовывать основу, фундамент нашего мира. Да и большинство из них не являются в буквальном смысле «элементарными«,  т.е. не состоящими из более мелких частиц.  Напротив, о многих из них известно, что в их составе имеются более мелкие образования. Таковы, например, основные частицы атомного ядра - нейтроны, протоны, пи-мезоны.  Сейчас твердо установлено, что они состоят из трех (первые две) или двух (пи-мезоны) частиц, получивших название «кварки». Есть подозрения, что и кварки могут оказаться не вполне элементарными. До каких же пор ученые будут разбирать эту «матрешку» природы? На это никто пока не может дать ответа. Проблема установления полного набора истинно элементарных частиц во Вселенной - одна из наиболее принципиальных нерешенных в современной науке (в физике элементарных частиц она называется ***проблемой «спектра масс»***).

Помимо чисто познавательного интереса, работы в этой области подогреваются еще и тем, что опускаясь все ниже по ступенькам структуры материи вглубь, мы сталкиваемся и овладеваем все большими и большими силами  и энергиями в Природе. Так, например, если в самой энергонасыщенной химической реакции (это фактически реакция между наружными, слабоудерживаемыми электронами в атомах, не затрагивающая ни глубоких электронных орбиталей, ни тем более атомных ядер), может выделиться несколько электрон-вольт энергии в расчете на реагирующий атом, то в ядерной реакции, когда происходят изменения в составе реагирующих ядер, может выделиться 10 миллионов электроно - вольт энергии на каждое реагирующее ядро. Напомним, что в мире атомов электрон - вольт является удобной единицей измерения энергии, которая равна дополнительной энергии, приобретаемой электроном в электрическом поле с разностью потенциалов в 1 Вольт. Если уподобить электрон-вольт рублю, то можно сказать, что в мире химических реакций (будь то горение угля, бензина, газа, пороха, взрыв детонирующего взрывчатого вещества и т.п.) расчет всяких обменов и продаж ведется рублями, а в мире ядерных реакций - сразу десятками миллионов рублей. Причем, заметьте, эти силы заключены в одном и том же атоме, только химические - в электрических полях атома и валентных электронах,  а ядерные - глубже, в ядре, в поле неизмеримо более мощных ядерных сил. При переходе на еще более глубокий, более тонкий уровень строения материи мы можем получить доступ к еще более мощным источникам энергии. Пока это, правда, тоже только лишь задача будущего. Парадокс заключается в том, что для исследований все более мелких частиц необходимо строить все более крупные исследовательские приборы – детекторы и ускорители, и разгонять в них частицы до все более больших энергий, чтобы преодолеть все более мощные силы природы, связывающие элементарные частицы в известные нам более крупные образования.

**2. Макрофизика.** Это наиболее обширная, “густо заселенная” учеными и наиболее понятная публике область естествознания. Поскольку она стоит ближе к практике, чем многие другие направления фундаментальной науки, ей больше уделяют внимание общественность, пресса и органы, финансирующие исследования. Однако идеологическая нагрузка этого большого раздела современной науки не так велика, как ее количественные характеристики. Поэтому остановимся лишь на тех проблемах, которые имеют очевидный междисциплинарный или мировоззренческий характер.

***2.1***. ***Системы с малой и дробной размерностью.*** В обычной жизни мы привыкли к трехмерным, евклидовым объектам, имеющим три измерения и простую форму (сфера, куб, призма, параллелепипед, конус и т.д.). Однако в природе существуют и такие объекты, которые характеризуются меньшим числом измерений. Так, например, тонкие пленки или поверхностные слои атомов жидкости, твердого тела или границ между ними являются квазидвумерными системами. После создания так называемых “планарных” технологий изготовления современной полупроводниковой  техники внимание к ним сильно возросло. Выяснилось, что свойства таких объектов могут радикально отличаться от таковых в объемных трехмерных телах, составленных из тех же атомов. Можно себе представить и квазиодномерные объекты в виде тонкой нити, для которых существенной является только одна координата - вдоль длины (таковы, например, органические полимерные молекулы, из которых состоит все живое и мы с вами). Физика низкоразмерных систем выделилась в самостоятельную интересную дисциплину, а ее приложения уже сейчас дали много очень полезных результатов.

В отличие от человека, который создает искусственно в основном предметы с целым числом размерностей, природа более изощрена и часто порождает объекты с дробной или, как еще говорят, ***фрактальной размерностью***, т.е. не целым числом, например, 1, 2 или 3, а имеющими значение между единицей и двойкой, или двойкой и тройкой. Таковы с точки зрения геометрии контуры облаков, деревьев, береговых линий морского побережья, снежинок и много другого. Введение в широкий научный оборот понятия фрактала дает возможность посмотреть на окружающий мир под новым углом зрения, найти в нем некоторые новые “универсалии”, обобщения. Например, рассматривая кучевые или пористые облака на небе, скорее всего, вы не найдете и двух похожих друг на друга по своей геометрии. Но оказывается, что фрактальные размерности облаков определенного типа (или, скажем, деревьев определенного вида в лесу) есть величина неизменная для них и характеризующая их всего одним числом. Это позволяет сильно “свертывать “ информацию об объекте, если его потом нужно просто распознавать и классифицировать, а не изучать в мельчайших подробностях.

**Генетика** (от греческого - происхождение, рождение).

Генетика - важнейшая и сейчас ведущая часть современных биологических знаний. Она охватывает широкий круг явлений наследственности и изменчивости всех живых организмов, начиная с фагов и вирусов и заканчивая человеком. Генетика ставит своей задачей не только изучение механизмов наследственности и изменчивости, но и сознательное **управление** ими с целью выведения новых организмов, лечения болезней и направление развития в желательную сторону.

Генетика прошла в своем развитии несколько этапов. Австрийский монах Г. Мендель, скрещивая разные сорта гороха, открыл в середине 19 века феноменологические законы наследственности. А. Вейсман показал в конце 19-го века, что половые клетки обособлены от остального организма и не подвержены влияниям, действующим на соматические клетки. Голландец Гуго де Фриз в начале 20-го века открыл существование наследственных мутаций, составляющих основу дискретной изменчивости. ***Мутации*** - это своеобразные опечатки, возникающие под действием естественных ***флуктуаций*** (подробнее смотрите следующий пункт этого модуля) и внешних причин (химических, радиационных) в переиздающейся программе жизни следующего поколения. В результате мутаций наследственные признаки не являются постоянными, а могут скачкообразно изменяться, меняя в конечном итоге свойства белков, синтезируемых организмом. Перед 2-ой мировой войной Дж. Бидл и Э. Татум выявили генетическую основу процесса биосинтеза (Нобелевская премия 1952г.). К концу сороковых годов стало ясно, что материальными носителями наследственной информации являются макромолекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) и через несколько лет Ф. Крик и Дж. Уотсон предложили модель двойной спирали молекулярной структуры ДНК и механизм ее репликации, за что и получили Нобелевскую премию в 1962 г.

Российские ученые до начала 40-х годов занимали ведущие позиции в генетике (Н. Кольцов, Н. Тимофеев-Ресовский, В. Сахаров, И. Раппопорт, Н. Дубинин, Н. Вавилов и др.). Однако политические репрессии и известная сессия ВАСХНИЛ, проведенная под идеологическим руководством “народного академика” Лысенко в 1948 году, надолго отбросила российскую генетику в положение догоняющей.

По своей значимости открытие законов наследственности и ее молекулярных механизмов стоит в одном ряду с самыми выдающимися достижениями естествознания. Началась новая эра в биологии, связанная с бурным развитием ***молекулярной биологии***, т. е. рассмотрением основ жизни на молекулярном уровне.

Каковы же ее успехи, перспективы, проблемы?  После того как было твердо установлено, что основной функцией ДНК является кодирование будущего синтеза белков, и эта информация заключена в определенной последовательности всего четырех букв, роль которых выполняют азотные основания (гуанин, аденин, тимин и цитазин) - открылись принципиальные возможности сознательного управления наследственностью. Однако до практической реализации этой идеи в полном объеме - путь не близкий. Конечно, уже сейчас методами генной инженерии созданы десятки новых штаммов полезных микроорганизмов, сортов высокоурожайных растений и т. д. Однако для работы не вслепую, а по “чертежам”, необходимо выяснить не только генотип каждого организма, с которым начинается работа, т. е. последовательность всех “букв” длинного текста - генов, но и их конкретные функции. Учитывая, что молекула ДНК - это практически самая большая молекула в организме (да и в природе вообще), даже при наличии очень производительной техники анализа требуются многие годы, чтобы проделать секвенирование (от латинского – «последовательность», т. е. установление последовательности генов в конкретной молекуле ДНК) даже для простейших организмов. Так, за несколько лет непрерывной работы в нескольких лабораториях, оснащенных по последнему слову техники, была проделана работа по секвенированию ДНК знаменитого биологического объекта - плодовой мушки дрозофилы, в работе с которой ранее было выяснено большое число законов генетики. В ее ДНК содержится 1,8 млрд. букв - азотных оснований, что ненамного уступает ДНК человека (около 3,5  млрд. оснований). Близки к завершению исследования генома риса (вероятно, работа потребует еще 2 - 3  лет). Начаты исследования геномов пшеницы, кукурузы и других видов, составляющих основу продовольственной базы человека. Практически закончена работа и по секвенированию ДНК человека (какого именно - большой секрет  для общества!). Его опубликование будет заметной вехой в культурной истории человека. Однако работа с геномом человека только начинается. Мало знать последовательность букв и слов в книге, надо еще ее прочесть и понять смысл. Пока бóльшая часть этого текста остается непонятной. Для чего она нужна? Каковы функции так называемых спящих генов, никак себя не проявляющих? Рано или поздно это конечно будет выяснено. Ответы на эти вопросы дадут возможность бороться с тяжелыми наследственными заболеваниями (эпилепсия, шизофрения, гемофилия и т. д.), возможно, с онкологическими болезнями, выращивать искусственные органы для пересадки, бороться с мутациями, вызванными неблагоприятными условиями (например радиацией), точно идентифицировать личность по очень малым количествам биоматериала и т. д. А пока разрабатываются методы удаления или замены отдельных участков ДНК различных организмов, что дает возможность изменять их наследственную природу и свойства уже в следующем поколении, а не через десятки-сотни, как при обычной селекции.

Нет сомнения, что все сложные научные проблемы будут решены в ближайшие годы, но уже сейчас возникли небывалые юридические и морально-этические вопросы. Вправе ли мы так сильно вмешиваться в природу живого, тем более человека? Можем ли мы представить и потом управлять всеми последствиями, выпуская этого джина из бутылки? Где проходит граница между правами индивидуума на тайну личной жизни и интересами общества? Список подобных вопросов очень велик. Они составляют предмет возникших совсем недавно дисциплин - ***биоэтика*** и ***биоправо,*** которые пытаются пытаются выработать моральные и юридические нормы поведения человека, разрешения конфликтов, ограничений в новых условиях. Важно, чтобы их разработка и принятие обществом не отставали от научно-технических возможностей.

**Динамические и статистические закономерности.** В модуле 3 мы уже затрагивали центральный вопрос современного естествознания, касающийся всеобщности причинно – следственных связей в окружающей действительности. Природа этой причинности продолжает оставаться в центре внимания физики, социологии, философии. Что управляет телами, живыми существами, обществом? Каково соотношение закономерного и случайного в их поведении? В разные времена люди, принадлежащие к разным социальным, религиозным и культурным слоям, отвечали на эти вопросы по-разному. Два философских направления занимают прямо противоположные позиции в ответах на эти вопросы: ***детерминизм*** (от латинского - определять) – учение о причинной материальной обусловленности природных, психических и социальных явлений; и ***индетерминизм*** – учение, отрицающее причинную обусловленность событий в окружающем мире и сознании человека. Некоторые философские течения признавали  методологические принципы детерминизма в отношении неживой природы и отвергали его для живых существ, в частности, человека, оставляя за ним ***«свободу воли»****,* т. е. возможность выбора. Индетерминизм как всеобщий принцип находится вне поля любых научных подходов, и мы его обсуждать не будем.

Содержание и смысл термина «детерминизм» несколько раз претерпевали серьезные изменения. В результате сейчас принято формулировать этот принцип с позиции выяснения соотношения ***динамических и статистических законов природы.***

***Динамические законы*** отображают объективные закономерности в форме однозначной количественной связи физических величин, характеризующих причины, условия и следствия. Вспомним, например, второй закон Ньютона. Он связывает ускорение, получаемое телом, с действующей на него результирующей силой и массой. Торжество классической механики породило ощущение универсальности и всеобщности таких законов. Абсолютизация динамических закономерностей (в наиболее известных формулировках, проведенная П. Лапласом – ***«лапласовский детерминизм»***), привела к распространению механистического детерминизма на все явления природы, что было явно неправомерным, особенно с точки зрения биологов, психологов, значительной части философов.

Первый удар по лапласовскому детерминизму нанесли сами физики и, в частности, Дж. Максвелл. Он рассмотрел задачу о поведении большого ансамбля частиц (например, молекул газа в сосуде). Ясно, что отслеживание траектории каждой молекулы в такой задаче совершенно нереально (напомним, что при нормальных атмосферных условиях в 1 см3 воздуха содержится ~ 1019 молекул, а в жидких и твердых телах ~ 1023 молекул/см3). Поэтому за характеристику системы Максвелл принял вероятность попадания искомой величины в определенный интервал значений. Главная заслуга здесь состояла не в решении задачи (что само по себе не так сложно), а в ее постановке в таком виде. Максвелл был одним из первых физиков – теоретиков, кто взял на вооружение серьезную математику. Понятийная база и теория вероятности были разработаны задолго до Максвелла (в частности, упоминавшимся уже Лапласом). Сама вероятность *Р* определяется как отношение числа “нужных” событий *m* к общему числу всех возможных исходов *n* (если их несколько), когда число попыток (реализаций) *N* устремляется к бесконечности  .



К примеру, при бросании монеты возможно два исхода – падение ее «орлом» или «решкой». Если число бросаний будет достаточно велико (N>103 – 104), то количество опытов с выпадением «орла» будет очень близко к 0,5 от общего числа опытов. Другими словами, вероятность выпадения монеты «орлом» равна 0,5. Точно также вероятность выпадения одной из цифр на игральном кубике, имеющем 6 граней, равна 1/6 (если кубик не побывал в руках мошенников, незаметно утяжеливших одну из них).

 В задачах о поведении молекул в газе это число всегда очень велико и законы теории вероятности к ним хорошо применимы. Важно заметить, что такой подход хотя и исключает из рассмотрения судьбу отдельной молекулы, тем не менее дает для их больших ансамблей совершенно определенные связи между их усредненными характеристиками. Например, среднее давление газа в молекулярно-кинетической теории дается формулой

*p=nkT,*

где *n* – среднее число молекул в единице объема,

*k –* постоянная Больцмана,

*Т* – абсолютная температура.

Однако следует ясно понимать, что такая жесткая динамическая связь относится только к средним величинам в ансамбле частиц. На фоне среднего происходят случайные отклонения той или иной величины – ***флуктуации***, поскольку ни мгновенное значение концентрации молекул, ни их скорости, с которыми они ударяются в стенку сосуда, не являются постоянными величинами. В этом смысле статистические законы совершенно похожи на динамические.

Интуитивно понятно, что большие отклонения от среднего (крупные флуктуации) менее вероятны, чем мелкие. Строго количественно это определяется характером распределения флуктуаций величины около среднего значения. Функции распределения отражает зависимость вероятности P вероятности значения величины A в интервале от A до dA. Числено, она равна площади бесконечно узкого прямоугольника, заштрихованного на рис. Если проинтегрировать площадь под кривой распределения (т.е. сложить все бесконечно узкие прямоугольники, то получиться единица, что означает, что с достоверностью 1 мы встретим какое-либо значение A в интервале от 0 до ).

При совершенно случайном характере столкновений закон распределения называется “нормальным” или гауссовым. Множество процессов в природе и обществе подчиняются ему. Например, если обмерить рост, размер обуви, объем груди и т. д. большого числа людей (скажем, всех 10 тысяч студентов нашего университета), то можно получить распределение из этих величин около ее среднего значения. Скорее всего оно будет очень близко к гауссовскому.

Важность значения распределения случайной величины (наряду со средним ее значением) можно показать на простых примерах. Допустим,  нам надо одеть всех бегунов (или студентов или солдат) в некую униформу. Суммарное количество материала,  необходимое для пошива формы, конечно можно рассчитать как произведение числа одеваемых на средний расход ткани на один комплект одежды. Но когда речь пойдет о том, сколько необходимо пошить комплектов одежды для людей того или иного размера, чтобы она была всем впору, то необходимо знать распределение людей по росту, объему груди, талии и т. п.

Конечно, нельзя заранее знать, какой именно комплект наденет тот или иной человек (какая именно молекула окажется в определенном элементе пространства и с какой скоростью и т. д.), но можно быть уверенным, что при правильном учете распределения по существенным параметрам все размеры будут разобраны и не останется ни лишних неодетых людей, ни невостребованной одежды.

Распределение молекул по скоростям (энергиям) имеет в нашей жизни еще большое значение, чем распределение людей по росту. Все жизненно важные биохимические реакции в организме идут благодаря крупным флуктуациям. Именно эта небольшая часть молекул, находящиеся в высокоэнергетическом “хвосте” распределения и составляющих небольшую часть ансамбля и имеют энергии в несколько раз больше средней в ансамбле, что позволяет им преодолеть высокие энергетические (активационные) барьеры, тормозящие течение реакций.

Весьма сходная ситуация обычно характерна и для группы или сообщества людей. Конечно важно знать некоторые усредненные значения характеристик групп: возраст, образование, состояние здоровья, тренированность творческая активность, и т. д. Но лидерами, которые ведут за собой коллективы, становятся именно те, чьи характеристики далеки от средних и лежат в ”хвосте” распределения (хотя такие люди составляют небольшую часть группы).

Возникновение и развитие квантовой механики в начале 20-го века привело к необходимости вероятностного описания не только больших ансамблей частиц, но и отдельных элементарных частиц. Здесь тоже нет почвы для индетерминизма, хотя сторонники этого течения мысли и оживились во время обсуждения методологических проблем квантовой теории, поскольку соответствующие уравнения (уравнения Шредингера) однозначно описывают эволюцию состояния системы во времени в терминах плотности вероятности, а не с позиции точного нахождения, траектории движения, скорости и т. п., как в динамической теории Ньютона. В итоге большинство ученых сходится во мнении, что статистические закономерности обеспечивают более общее описание природы, диалектично отражая роль необходимого и случайного в природе. Таким образом динамические законы можно рассматривать как упрощение, первое приближение к анализу различных процессов.

В известном смысле это позволяет по-новому взглянуть на известную проблему “***свободы воли***”, которая обсуждается со времен Сократа. Под свободой воли подразумевается скорее философская, морально - этическая проблема: детерминирован ли человек в своих поступках или имеет возможность выбора? От ее решения зависит, ответственен ли человек за свои поступки. Если каждое действие человека строго предопределено, то его нельзя ставить в вину человеку, даже если он совершил преступление, как и благодарить, если он совершил доброе дело.

Такая прямолинейная и несколько наивная трактовка Великого Принципа Причинности в природе вызывала усмешки задолго до его обоснования Лапласом. Известный восточный философ, поэт и математик, последователь Аристотеля и Ибн Сины Омар Хайям, живший в 11-12 веках, лукаво вопрошал:

Ты из праха меня изваял,

                        Я причем?

Ты наполнил вином мой фиал,

                                  Я причем?

Все дурное и доброе,

          Что совершаю,

Ты ведь сам, наш творец, начертал,

                                           Я причем?

Проблема свободы воли стоит в центре внимания во многих философско – религиозных течениях. Основоположники экзистенционализма (Сартр, Камю) считали человека носителем абсолютной свободы, противостоящей внешнему миру. Во многих религиозных учениях эта проблема рассматривается с точки зрения самоопределения человека по отношению  к Богу. Крайние религиозно – детерминистические варианты учений о предопределенности ставят человеческую личность в абсолютную зависимость от сверхъестественных сил, божественной воли. В этом они похожи на натуралистический детерминизм и смыкаются с фатализмом, языческой верой в предопределенность судьбы.

По-видимому, следует честно признать, что пока эта проблема не имеет общепринятого решения ни в естествознании, ни в философии. Как сказал Ж. Ростан: ***«Теории приходят и уходят. Лягушка остается»***.

**Симметрия и законы сохранения*.*** Бытовые понятия симметрии и сохранения кажутся нам интуитивно несложными и играющими в жизни не очень важную роль, быть может более эстетическую, чем познавательную. Зеркально симметричный узор крыльев бабочки, цветов, листьев, художественных орнаментов, архитектурных форм скорее призваны услаждать зрительное восприятие, чем играть какую-нибудь функциональную роль. Сохранение вещества, движения в окружающих нас объектах и процессах на первый взгляд, тоже не кажется общим принципом и даже скорее представляются исключением, нежели правилом. Но наука 20-го века пришла к осознанию ***принципов симметрии и сохранения*** как важнейшим краеугольным камням для всего фундаментального естествознания. В этом контексте обсуждаемые понятия имеют более сложный абстрактный смысл. Если состояние системы не меняется в результате какого-либо ее преобразования (не обязательно зеркального отображения), то говорят, что система обладает симметрией относительно данного преобразования. Такими преобразованиями могут быть геометрические операции (повороты, перемещения и т.п.), замена одних величин или знака перед ними (с «+» на «-», например) в уравнении на другие и т.п. Таким образом, под симметрией в физике понимается инвариантность физических законов относительно некоторой группы преобразований входящих в них величин.

Состояние любой физической системы можно описать так называемой функцией Гамильтона ( в квантовой механике – гамильтонианом). Так что в еще более общем виде симметрия  - это такое преобразование системы, которое не меняет ее гамильтониана.

Фундаментальное значение представлений о симметрии определяется тем, что каждому непрерывному преобразованию симметрии (которые приводились выше в качестве примеров) отвечает ***закон сохранения*** некоторой физической величины. С этой точки зрения существование сохраняющихся физических величин обусловлено определенными типами симметрии. Т.е. если известны свойства симметрии системы, можно найти для нее законы сохранения, и наоборот.

В общем случае под законами сохранения понимают определенный класс физических закономерностей, согласно которым некоторые физические величины сохраняют свое значение во времени для определенного типа процессов или ситуаций. Так, известный со школьной скамьи закон сохранения энергии можно рассматривать как следствие однородности времени (т.е. инвариантности законов относительно изменения начала отсчета времени: с какого бы момента мы не начали отсчет – все интервалы времени равноценны и законы физики от этого не зависят). Законы сохранения импульса и момента импульса связаны с однородностью пространства (инвариантностью законов относительно пространственных сдвигов) и его изотропностью (инвариантностью относительно поворотов рассматриваемой системы в пространстве) соответственно.

Большую роль законы сохранения играют в квантовой механике. Так, например, сформулированные на их основе ***правила отбора*** определяют, какие реакции и процессы в мире элементарных частиц могут протекать, а какие - в принципе невозможны.

Следует отметить, что свойства пространства – времени известны науке только в определенном диапазоне расстояний и времени. Каковы они при R10-15м и t10-23 с и при R1 млрд. световых лет и t1011 лет нам неизвестно. Соответственно и о выполнимости фундаментальных законов физики (в том числе и законах сохранения) в очень маленьких и очень больших пространственно - временных ячейках пока сказать ничего невозможно.

Очень близко к этим вопросам примыкает ***универсальный принцип наименьшего действия***, справедливый и в классической и квантовой механике, и в электродинамике, и в оптике и т. д. ***Действием*** в физике называют определенную величину, характеризующую энергетику системы. Установлено, что движение тела в поле внешних сил, распространение света в оптически неоднородной среде, распределение линий электрического тока, протекающего по проводнику и т. д. происходит так, что величина ***действия*** на пути, выбранном природой, оказывается наименьшей из всех виртуально возможных. Так, тело, брошенное под углом к горизонту, летит по параболе, а не какой-либо еще мыслимой кривой; луч света, преломляясь на границе двух разных прозрачных сред, подчиняется известному со времен Средневековья закону Снелиуса (отношение синусов углов падения и преломления есть величина постоянная); электрический ток или ламинарный поток жидкости в канале огибают препятствие по определенным траекториям, также минимизирующим действие. Т.е. природа знает, как наиболее экономно перевести систему из одного состояния в другое в любой точке траектории этого процесса! Даже далекие от науки люди знают, что жизнь идет «по линии наименьшего сопротивления», что можно считать бытовой формулировкой великого принципа наименьшего действия в окружающем мире. К нему могут быть сведены многие фундаментальные теории, в частности, классическая механика, электродинамика, квантовая теория поля и др.

**Самоорганизация**. Возможно, одна из самых захватывающих и масштабных доктрин, оформившихся в науке конца 20-го века – это концепция самоорганизации, под которой понимают самопроизвольное установление порядка (без участия внешних организующих воздействий) в неравновесных диссипативных системах. Первые систематические исследования в этой области провел выходец из России И. Пригожин в 60-е годы (Нобелевская премия в 1977 г.). Впоследствии направление в науке, которое изучает пространственно-временное упорядочение, стали называть по предложению Г. Хакена ***синергетикой*** (от греческого слова совместный, согласно действующий). На первый взгляд, сама возможность самоорганизации (а следовательно повышения порядка в системе с соответствующим понижением энтропии) как будто бы противоречит второму началу термодинамики. Однако классическая термодинамика была создана (и до сих пор справедлива) для описания равновесных или близких к равновесию систем. Кроме того, второе начало справедливо только для замкнутых систем (т. е. не обменивающихся ничем с окружающей средой). Множество объектов и систем в природе не являются  ни равновесными, ни замкнутыми (а строго говоря – все до одной!), так что классическую термодинамику следует рассматривать как первое приближение, имеющее ограниченную область применимости.

Действительно, эволюционные процессы в биологии (как на уровне отдельного организма от момента его зарождения - ***филогенез***, так и на уровне биосферы в целом - ***онтогенез***) идут в направлении от простого - к сложному, от беспорядка – к большему порядку, т. е. в видимом противоречии с законом роста энтропии. Но с другой стороны, ни один живой организм и не является замкнутой системой по определению. Напротив, пока он жив, он участвует в обмене веществом, энергией, информацией с окружающей средой. Таким образом, для описания живого нужна неравновесная термодинамика открытых систем, исключающая необходимость мифических витальных сил. Она была создана в последней трети 20-го века усилиями многих ученых. Вкратце она сводится к следующему. Для любой системы изменение энтропии dS складывается из двух величин:

*dS=dSe+dSi,*

где dSe – изменение энтропии за счет взаимодействия с окружающей средой, а dSi - изменение энтропии в результате процессов внутри самой системы. Для неравновесных систем dSi всегда положительно (dSi>0). Поэтому пока система замкнута (т. е. dSе=0) полное изменение ее энтропии может быть только положительным (рис. 7.9а).

*dS= dSi>0*

Другими словами, «человек в футляре» может только деградировать.

Если систему «открыть»и разрешить ей сбрасывать свою энтропию в окружающую среду (т. е. допустить dSe<0), то при некоторых условиях может оказаться, что

*dS= dSe+dSi<0,*

т. е. порядок в ней начинает возрастать (конечно, за счет роста беспорядка в окружающей среде). Другими словами, если провести границы достаточно далеко от нашей открытой системы, то внутри этой большой области беспорядок все равно будет нарастать, и второе начало термодинамики остается в полном здравии. При значительном падении энтропии в системе в ней могут спонтанно (самопроизвольно) образовываться упорядоченные структуры, что и называется ***самоорганизацией***.

Одним из самых ярких и очевидных примеров самоорганизации является зарождение и развитие любого живого организма, собирающего и упорядочивающего внутри себя сложную низкоэнтропийную структуру из менее упорядоченного вещества, потребляемого из окружающей среды в качестве пищи. Минимально необходимым (но не всегда достаточным) условием самоорганизации в открытых системах является следующее:

1.                      Отклонение от равновесия должно превышать некоторое критическое значение;

2.                      Объем системы (т. е. количество элементов в ней) должен быть достаточно велик, чтобы обеспечить существование в ней необходимого количества незатухающих флуктуаций;

3.                      Наличие положительной обратной связи, внутри системы или между ней и окружающей средой (т. е. механизма, способствующего росту случайно возникшего движения в сторону упорядочивания, а не его подавлению, как в случае отрицательной обратной связи.

Теория самоорганизации, родившаяся первоначально из рассмотрения проблем неравновесной термодинамики и конкретных задач гидродинамики, нелинейной оптики, кибернетики и т. д. впоследствии оказала громадное влияние на развитие современной физики, химии, биологии, наук о Земле, экономики, социальных и политических наук. Так, например, внедрение идей самоорганизации в теорию биологической эволюции снимает многие трудности, существовавшие в дарвинизме: отсутствие промежуточных форм между видами, крайне низкую скорость эволюции путем случайных мутаций и последующего естественного отбора и т. д.

С точки зрения математической, вовлечение в научный оборот концепции самоорганизации означает переход от линейных моделей (и уравнений) к нелинейным. Современная, очень развитая математика, умеет решать, главным образом, только линейные задачи. Они являются основой детерминистического подхода в науке, заложенного Галилеем и Ньютоном. Однако в свете достижений науки 20-го века следует признать, что мышление в линейном приближении не является адекватным по отношению к природным процессам. Множество явлений не могут быть описаны в рамках линейных моделей (бифуркации, катастрофы, динамический хаос и т. д.) Нелинейные же системы могут обладать крайне высокой чувствительностью  к всегда имеющимся флуктуациям в природе (или ничтожным вариациям данных в математической модели). В результате становится невозможным предсказать состояние таких систем через некоторое время даже при наличие всех исходных данных. Таким образом, концепция детерминизма в природе за сто лет после создания статистической физики подверглась большим деформациям и ревизиям в третий раз (с учетом появившихся в начале 20-го века квантовомеханических представлений о причинности). Синергетику в ее нынешнем состоянии можно рассматривать, по мнению одного из ее создателей Хакена, как попытку обобщения дарвинизма, действие которого распространяется не только на органический, но и на неорганический мир.

Разумеется, эволюционные идеи (начиная с космологической гипотезы Канта и Лапласа и заканчивая эволюционной теорией Дарвина) имели широкое хождение в естествознании задолго до оформления концепции самоорганизации. Но они формировались в интуитивных терминах, не позволявших раскрыть механизмы эволюции. Живой мир противопоставлялся неживому по всем основным признакам. В частности, очень схематизированная и абстрактная термодинамика, развитая для закрытых систем, предсказывает деградацию порядка, рост энтропии в ней, в то время как все живое развивается в противоположность этому выводу, превращая хаотические системы в более организованные. Синергетика дает более общую платформу рассмотрения процессов в живых и неживых природных системах. В частности, она позволяет по новому взглянуть на такие объекты и задачи, которые стали уже привычными для науки 20-го века: лазеры, плазму, ферромагнетизм, фазовые переходы, ячейки Бенара, реакции Белоусова – Жаботинского и многие другие, где коллективные явления играют определяющую роль.

Возникает вопрос, применима ли концепция самоорганизации к еще более сложным системам – социальным? Социально – культурная эволюция бесспорно происходит  и последние несколько тысяч лет намного быстрее биологической.

Безусловно, нельзя идти путем простых аналогий и скатываться на позиции примитивного социал – дарвинизма, бытовавшего еще сто лет назад. Однако учитывая, что социальные системы обладают всеми признаками, которые характеризуют системы, склонные к самоорганизации (высокий уровень сложности, нелинейность внутренних связей, интенсивное взаимодействие между внутренними подсистемами и с внешней средой), можно надеяться, что развитие и использование синергетических подходов к общественным проблемам будет таким же полезным, как и к физическим и биологическим.

Творчество в любой сфере, будь то наука, искусство, производство, можно рассматривать как «антиэнтропийную акцию», понижающую хаос в духовном или материальном окружении человека. Имея это ввиду один из создателей кибернетики Н. Винер как-то сказал: «В этом мире наша новейшая обязанность состоит в том, чтобы устраивать  произвольные островки порядка и системы».

Подводя итоги этого пункта заметим, что проникновение идей самоорганизации во все сферы культуры фактически привело к смене ***стиля мышления***. ***Механистический***, лапласовский стиль 18-19 века сменился в начале 20-го века на ***статистически*-*вероятностный***, а в конце его – на ***синергетический***.

**3. Мегамир.** Центральной дисциплиной изучающей мегамир как единое целое является космология***.*** (от греческого kosmos – Вселенная и logos – знание). Современная космология – это астрофизическая теория происхождения и эволюции Вселенной, основанная на экспериментальных фактах, наблюдениях и фундаментальных физических теориях (общей теории относительности, физики элементарных частиц, фундаментальных взаимодействий и др.).

Далекие миры волновали человека с незапамятных времен. Это нашло отражение в древних мифах, представлениях об устройстве Вселенной. Ни одна религия не обходит своим вниманием эти вопросы. После того как на смену мифологии и религиозным верованиям пришла наука, космология стала одной из любимых естественнонаучных дисциплин для философии и философов различных направлений. В модулях 4, 5 и 6 мы проследили кратко эволюцию представлений о Вселенной от Античности до начала 20-го века. К чему же пришла современная космология, развивая идеи Эйнштейна, Фридмана, Гамова и др.? Что продолжает оставаться непознанным или трудно объяснимым?

Зарождение Вселенной в результате ***Большого Взрыва*** и последующее ее расширение большинством ученых считается надежно установленным фактом. Понятны многие детали процессов, сопровождавших эволюцию Вселенной, начиная примерно с возраста 10-4 с от момента ее расширения. Но состояние вещества, пространства и времени до этого момента пока является тайной. Дело в том, что прокручивая мысленно кинофильм о развитии Вселенной назад, мы должны будем прийти к неограниченному росту всех ее физических характеристик (плотности вещества, температуры, напряженности всех физических полей и т.д.) по мере приближения к нулю времени, т.е. строгому моменту ее рождения. Такое состояние называется сингулярностью (особенностью) и не может устроить физиков, поскольку приводит к бесконечным значениям важнейших физических параметров Вселенной. Современная наука знает множество способов борьбы с этими «дурными бесконечностями», которые уже не раз возникали в физике. Одним из таких способов является допущение дискретности пространства при расстояниях 10-33см и времени при Δt10-43с. Однако проверить столь смелые гипотезы, приводящие к очередному пересмотру свойств пространства – времени (будь они доказаны) пока совершенно нечем. Для этого необходима совершенно новая физика, которая может пролить свет и на природу свойств элементарных частиц, поскольку (как это ни парадоксально) многие проблемы микро- и мегамира сводятся к одним и тем же вопросам.

Другая нерешенная проблема – дальнейшая судьба Вселенной. Будет ли она продолжать расширяться безгранично (открытые сценарии) или этот процесс через некоторое время сменится обратным и пойдет стадия сжатия (закрытый сценарий)? Легко представить тогда недоумение астрофизиков будущего, которые будут наблюдать не «красное» смещение в спектрах звезд, а «фиолетовое» и размышлять: из каких глубин космоса летит к центру вещества Вселенной и что будет, когда оно все окажется в этом центре? Выбор между закрытыми и открытыми сценариями можно сделать только при наличии данных о полной массе вещества во Вселенной (или средней его плотности, что практически одно и то же), которых пока недостаточно.

Существуют весьма обоснованные подозрения, что кроме видимых нами объектов во Вселенной существуют еще большее количество скрытых, но тоже обладающих массой, причем эта «темная масса» может в 10 или более раз превышать видимую. Теория предсказывает, что если средняя плотность вещества во Вселенной (разумеется, с учетом и темной массы) превышает некоторую критическую величину, тогда за стадией расширения неизбежно последует стадия сжатия под действием сил гравитации. В противном случае, гравитационных сил не будет хватать, чтобы остановить разлет, и он будет продолжаться бесконечно долго.

Аналогичные проблемы возникают также при анализе таких гипотетических, но достаточно широко известных публике объектов как ***черные дыры.*** С точки зрения теории ими могут быть тяжелые объекты, например отгоревшие звезды с массой в много раз превышающих солнечную. Сила тяжести около таких объектов так велика, что они стягивают все вещество в «точку». В нее как в бездонную бочку проваливается и излучение и частицы, окружающие эту звезду, и ничего уже вырваться не может (отсюда и название – черная дыра). Как же ее можно тогда обнаружить? Только по последнему «вскрику» – характерному рентгеновскому излучению, засасываемого и падающего в нее вещества. Сейчас среди известных астрофизических объектов имеется около десяти претендентов на роль черной дыры. Но это требует еще более строгих доказательств. Если они в действительности существуют (а в этом мало кто сомневается), то возможно черные дыры являются зародышем новых Вселенных или окнами в совершенно другие миры.

Существуют и более сложные проблемы в космологии, которые лежат пока вне досягаемости науки (а может быть и вовсе за пределами ее возможностей):

             Чем отличалась точка, из которой зародилась Вселенная, от всех прочих?

             Почему именно в «этот» момент произошел Большой Взрыв, не раньше и не позже?

             Что было за секунду (час, год) до Большого Взрыва?

             Что находится за пределами видимой Вселенной?

             Почему Вселенная такова, какова она есть, хотя теоретически существует не одна равноценная возможность?

             Почему мировые константы (гравитационная постоянная, постоянная Планка и т.д.) таковы, что именно при таком сочетании значений и возможна в принципе жизнь, и при малейших их изменениях она становится абсолютно невозможной?

Будем надеяться, вслед за Анри Пуанкаре, что

***«Звезды шлют нам не только***

***видимый и ощутимый свет,***

***действующий на наше***

***зрение; от них исходит также***

***иной, более тонкий свет,***

***проясняющий наш ум»***