

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НОВОЧЕРКАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ)»**

КУРС ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

для специальностей

- 05020165 – Математика
- 08011665 – Математические методы в экономике
- 13060265 – Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов
- 14050165 – Двигатели внутреннего сгорания
- 14060062 – Электротехника, электромеханика и электротехнологии
- 14060165 – Электромеханика
- 14060265 – Электрические и электронные аппараты
- 14061065 – Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений
- 14060465 – Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов
- 14060865 – Электрооборудование и автоматика судов
- 14060765 – Электрооборудование автомобилей и тракторов
- 14010062 – Теплоэнергетика
- 14010165 – Тепловые электрические станции
- 14010665 – Энергообеспечение предприятий
- 15040265 – Горные машины и оборудование
- 15040062 – Технологические машины и оборудование
- 15080265 – Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика
- 15100165 – Технология машиностроения
- 15030265 – Триботехника
- 15090062 – Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств
- 19070265 – Организация и безопасность движения
- 20030062 – Биомедицинская инженерия
- 20010062 – Приборостроение
- 20040165 – Биотехнические и медицинские аппараты и системы
- 20010665 – Информационно-измерительная техника и технологии
- 21010465 – Микроэлектроника и твердотельная электроника
- 22040165 – Мехатроника
- 22040265 – Роботы и робототехнические системы
- 27011265 – Водоснабжение и водоотведение
- 28030265 – Комплексное использование и охрана водных ресурсов
- 28020265 – Инженерная защита окружающей среды
- 28020062 – Защита окружающей среды
- 28010265 – Безопасность технологических процессов и производств в горной промышленности и электроэнергетике

ЛЕКЦИЯ 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

1.1. Цели курса «Современное естествознание»

1.1.1. Современное естествознание (СЕ) – новое научное направление, объединяющее основные знания, полученные фундаментальными науками.

К фундаментальным наукам относятся науки о Природе: физика, химия, биология, геология и т.д., а также математика и информатика.

Важно, что СЕ объединяет знания о Природе на концептуальной основе, т.е. на основе таких идей, которые позволяют осмыслить с единых позиций широкий круг проблем, относящийся к одной, нескольким или даже всем областям знаний. В последнем случае такие идеи (концепции) называются трансдисциплинарными; на их основе возникают трансдисциплинарные дисциплины. К таким дисциплинам и относится СЕ. На основе концепций, относящихся к двум или нескольким наукам, возникают междисциплинарные связи и новые научные направления типа физической химии, биохимии, геофизики и т.д.

Например, к научным концепциям относится опирающееся на многовековой опыт утверждение о материальности всего существующего, включая живое и мыслящее. Концепция о материальности всего является наиболее широкой. Она лежит в основе всех наук.

1.1.2. Главная цель современного естествознания – создать научную картину мира. Современная научная картина мира дает всестороннее представление о мире, в котором мы живем, о его происхождении и эволюции, о нашем месте и роли в этом мире и о фундаментальных основах инженерной деятельности человека. Под миром мы понимаем всю видимую Вселенную, включая как мир вещей, так и мир идей, т.е. и материальную часть мира и его отражение в нашем сознании («духовная» часть).

Выработка научных концепций, позволяющих интегрировать знания из различных фундаментальных наук в единую логически внутренне непротиворечивую картину мира, также является задачей СЕ. Система концепций расширяется и методологически совершенствуется с развитием фундаментальных наук и философии и, в свою очередь, эффективно содействует развитию науки, культуры и техники. В области техники СЕ вскрывает ее естественнонаучные истоки и создает базу для дальнейшего научно-технического прогресса.

Итак, современное естествознание:

- вырабатывает научные концепции,
- с их помощью создает научную картину мира,
- объясняет его происхождение и эволюцию,
- вскрывает естественнонаучные основы технического прогресса,
- открывает перспективы создания высокой морали, опирающейся не на зыбкие догмы различных верований, а на твердые результаты глубоких научных исследований природы человека и общества.

1.1.3. Современное естествознание как научное направление служит базой для ряда учебных дисциплин:

- «Современное естествознание»,
- «Концепции современного естествознания»,
- «Современная научная картина мира».

Современное естествознание как учебная дисциплина направлена на формирование у студента:

- целостной системы фундаментальных знаний о природе;
- навыков творческого мышления;
- системности мышления;
- способности и стремления постоянно совершенствоваться в профессиональной и смежных областях.

1.1.4. Темпы технического прогресса возросли к XXI столетию до такого уровня, что теперь высококвалифицированный, но узкий специалист уже, как правило, не поспевает за ним и не способен активно в нем участвовать. Поэтому теперь перед высшим техническим образованием поставлены две основные задачи:

- подготовка высококвалифицированного инженера;
- формирование широкообразованной личности.

Первая задача – более узкая и простая; она не универсальная, т.е. не одинакова для всех (у каждого своя специальность) и не на всю жизнь (многие специалисты вынуждены свою базовую специальность менять в течение жизни).

Вторая задача универсальная, т.е. одинакова для всех; и ее значимость не изменяется в течение всей жизни специалиста. Без решения второй задачи полноценно решить первую невозможно. Решение второй задачи требует интеграции в сознании специалиста фундаментальных основ всех естественнонаучных и технических дисциплин учебного плана. Курс «Современное естествознание» имеет целью положить начало и сделать максимально эффективной такую интеграцию. В этом основная цель курса СЕ.

СЕ создает потенциальную возможность все понять в принципиально необъятном море научной и технической информации. Только способность все понять позволяет специалисту быстро адаптироваться к принципиальным новациям в производстве и активно участвовать в научно-техническом прогрессе.

1.2. Исторические вехи развития современного естествознания

1.2.1. Человек всегда стремился познать мир; процесс познания мира имел несколько этапов. Первый этап зародился в период формирования у наших далеких предков абстрактного мышления и характеризовался возникновением у первобытного человека крайне иллюзорных представления об окружающей природе. Эти представления стали основой многочисленных языческих верований у различных народов.

1.2.2. Вторым этапом – это умозрительные построения древней науки, основанной на крайне бедном наблюдательном материале, полученном непосредственно с помощью органов чувств человека. В то время не было не только экспериментальной техники, но еще не сформировалось и само понятие эксперимента. Самым обстоятельным из подобных построений было представление о мире древнегреческого философа Аристотеля (384 – 322 до н.э.). Его сочинения коснулись всех областей знания того времени. Первичными качествами материи он считал две пары противоположностей:

«теплое-холодное», «сухое-влажное»; их различные комбинации дают первичные элементы: землю, воду, воздух и огонь, из которых состоит все остальное. Имеется еще пятый (самый совершенный) элемент – эфир, из которого состоят звезды. В центре Вселенной расположена шарообразная неподвижная Земля. Сфера, простирающаяся от центра Земли до Луны, это «подлунный мир», мир неупорядоченных, неравномерных движений. Выше Луны располагается мир вечных равномерных движений хрустальных сфер, вращающихся с различными скоростями. К ним прикреплены звезды. Вся Вселенная замыкается внешней неподвижной сферой, обеспечивающей вращение остальных сфер.

Будучи канонизированным церковью, учение Аристотеля просуществовало более 1500 лет до Н. Коперника (1473-1543).

1.2.3. По современным представлениям Вселенная возникла, существует и развивается как единая, целостная система. Наука об окружающем нас мире также зарождалась как целостное представление о реальности. Не был еще специализирован, т.е. разделен по направлениям и труд тех, кто познавал мир. Например, Аристотель собирал и систематизировал весь доступный ему материал об окружающей природе и изложил его в трактатах «Физика», «О происхождении и уничтожении», «О небе», «О метеорологических вопросах», «Механика» и т.д. Также поступали и другие ученые древности. Наука еще не была дифференцирована.

1.2.4. Интегрированность древней науки в конце концов стала мешать все более углубленному исследованию различных проявлений природы. Наступила эпоха дифференциации науки, которая продолжается и по сей день. Возникло множество различных научных направлений, приведшее к появлению узкой специализации ученых.

1.2.5. Дифференциация науки позволила проникнуть в суть происходящего вокруг нас до таких глубин, на которых единство и целостность мира уже невозможно не учитывать при дальнейших исследованиях. Появились междисциплинарные идеи и пограничные науки: физическая химия, биохимия, геофизика и т.д. Этот процесс охватывал все большее число и не только смежных наук. Были сформулированы научные концепции, позволившие осмыслить с единых позиций весьма широкий круг вопросов, относящихся к различным наукам. Продолжающийся процесс дифференциации науки стал сопровождаться ее интеграцией. Зародились и стали быстро развиваться трансдисциплинарные научные направления. Современное естествознание является самым широким из этих направлений.

1.2.6. Напомним, что одна из задач естествознания – построить научную картину мира. Картина мира создавалась на всех этапах развития науки. Научная картина мира должна основываться на достоверных научных данных. Достоверные научные данные были вначале получены и глубоко осмыслены в области механики. Они были описаны в трудах Г. Галилея, И. Ньютона и других основоположников классической механики. Механика стала развиваться столь быстро и успешно, что возникла иллюзия о возможности все происходящее в мире объяснить на основе ее законов. Была предпринята попытка построить всеобъемлющую механистическую картину мира. В соответствии с этой картиной любые прошлые, настоящие и будущие события в мире могут быть абсолютно точно описаны с помощью

законов классической динамики, если заданы начальные координаты и скорости всех частиц, из которых состоит Вселенная. Это утверждение впервые было исчерпывающим образом сформулировано французским физиком и математиком П. Лапласом («лапласовский детерминизм»). Лапласовский детерминизм лежит в основе так называемого классического мышления.

Однако затем были открыты электромагнитные явления, которые не удалось свести к механическим, несмотря на все старания основоположников учения об электромагнетизме, например, Д. Максвелла. Напротив, стало ясно, что электромагнитные взаимодействия играют чрезвычайно большую роль в различных процессах, включая механические. Возникла идея о возможности свести все происходящее в мире к проявлениям электромагнетизма. Появилась надежда построить всеобъемлющую электромагнитную картину мира. Однако открытие в начале XX столетия квантовой природы микромира выявило несостоятельность попыток построить электромагнитную картину мира на основе классического учения об электромагнетизме.

В процессе развития науки возникли также и другие фрагменты картины мира, связанные с химией, биологией, астрономией и т.д., не объединенные в целостную систему.

1.2.7. Создание основ всеобъемлющей научной картины мира оказалось возможным лишь в процессе построения квантовой механики, теории относительности и других направлений современной физики, а также химии, биологии, космологии и т.д. Указанные основы положили начало формированию современного естествознания. Современная научная картина мира действительно оказалась всеобъемлющей; она затрагивает все без исключения сферы окружающего мира. Она внутренне логически непротиворечива, т.к. в различных своих частях опирается на одни и те же основополагающие концепции и законы, отражая целостность неживой природы, всего живого, всего созданного человеком и всего духовного.

Прежние подобные построения таким единством не обладали. Современное естествознание содержит фундаментальные основы всех учебных дисциплин, обеспечивающих подготовку квалифицированных инженеров и способствует развитию их творческого, системного мышления.

Статистическая физика, а затем и квантовая механика показали, что классический детерминизм проявляется лишь в узкой области, описывающей поведение макротел. В целом же мир подчиняется вероятностным законам. Понимание этого лежит в основе неклассического мышления.

1.3. Практическая деятельность человека и современное естествознание

1.3.1. Практическая деятельность человека многогранна и необозрима. Нас интересует лишь та ее часть, которая относится к производству. В ее основе лежит современное естествознание; нет ни одного производства, которое возникло и функционирует не по законам естествознания.

Современное естествознание создало научно обоснованную картину мира, которая включает все материальные структуры, возникшие в процессе

эволюции Вселенной. Магистральное направление эволюции – переходы от простого к более сложному. Основные механизмы эволюции естественной природы – самоорганизация материальных структур и путь проб и ошибок – на этом пути природа создавала все возможное и отбирала из возможного наиболее устойчивое.

На некотором этапе эволюции природа проявляет способность создавать живое. К живому относят материальные структуры, для которых характерны: избирательный обмен веществом и энергией с внешним окружением, внутренняя саморегуляция, самовоспроизводство, эволюционное самосовершенствование и приспособление (адаптация) к окружающей среде. В процессе эволюции адаптивные способности таких структур преобразовались в сложную информационную систему сбора, переработки и рационального использования важной для жизни информации – возникла эффективно действующая нервная система. В условиях Земли дальнейшая эволюция нервной системы живых организмов привела к появлению человеческого мозга и разума. Возможности человеческого разума выходят за рамки простых потребностей поддержания жизни. Максимально ярко эти возможности проявляются в абстрактном мышлении, которое позволяет человеку познавать окружающий мир, формируя научные представления о нем.

Таким образом, человек оказался той материальной структурой, через которую природа проявляет свою способность к самопознанию. Одновременно возникала и развивалась еще более сложная материальная структура – человеческое общество, реализующее способность материи к осознанному самосовершенствованию, т.е. к созданию новой, рукотворной (искусственной) природы.

1.3.2. Искусственная природа, в отличие от естественной, имеет творца. В Земных условиях это – человек, инженер. Человек, развивая фундаментальные науки познает законы природы и в пределах «разрешенного» этими законами создает элементы искусственной природы, призванные улучшать качество жизни и обеспечивать ему все новые возможности для более глубокого познания естественной природы. К элементам искусственной природы относятся предметы быта, различные технические изделия, устройства, механизмы, агрегаты, сооружения и т.д., предназначенные для удовлетворения потребностей человека во всех сферах его жизнедеятельности. Иными словами, к искусственной природе относятся все то, что производится человеком в направлениях практической деятельности, представленных на рис. 1. На рис. 1 в прямоугольниках 1-6 обозначены производства информации, энергии, сырья и т.д.

Эволюция искусственной природы, опирающаяся на разум, науку и инженерную деятельность, также идет от простого к сложному. После удовлетворения элементарных потребностей у человека неизбежно возникают новые, более сложные. Например, потребность дистанционного общения, которая первоначально реализовывалась передачей информации мимикой, жестами, акустическими сигналами, затем стала обеспечиваться почтовыми сообщениями, телеграфом, телефоном и, наконец, бурно развивающимися в настоящее время сложными глобальными электронными системами связи с использованием широкого спектра электромагнитных волн, искусственных спутников Земли, Интернета.

Потребности общества расширяются – вплоть до желания создавать системы, подобные самому человеку как в «техническом» (роботы), так и в «интеллектуальном» (искусственный разум) отношениях. В конечном итоге все, что создает себе в помощь человек, должно (в области своего применения) обладать *большими* возможностями, чем сам человек. Здесь нет никаких принципиальных ограничений. Иными словами, в своей практической деятельности человек (в рамках законов природы) всемогущ. Он выступает в качестве творца нового направления эволюции Вселенной, создавая искусственную природу. Собственно, к этому и сводится вся его практическая и научная деятельность. Человек добывает знания о естественной природе, чтобы установить пределы возможного в своем творчестве, формулирует в этих пределах цель, создает соответствующий этой цели проект и реализует его.

Напомним, что эволюция естественной природы не имеет творца, цели и проекта. Все этапы ее эволюции опираются на стихийное проявление трех сущностей: материя, взаимодействие, движение. Материя реализуется в материальных структурах, движение – в любых изменениях этих структур, а взаимодействие выступает в качестве движущей силы указанных изменений. Все отдельные изменения материальных структур проявляются, в конечном итоге, в виде эволюции Вселенной. В процессе эволюции природа действует «вслепую», методом проб и ошибок. Она случайным образом создает любые «разрешенные» естественными законами природы материальные структуры. «Выживают» из них лишь наиболее стабильные в данных условиях. К таким структурам относятся, в частности, те, для которых характерна максимальная энергетическая «выгодность». Все «выжившие» к настоящему времени материальные структуры и составляют современную естественную природу.

Основные направления инженерной деятельности

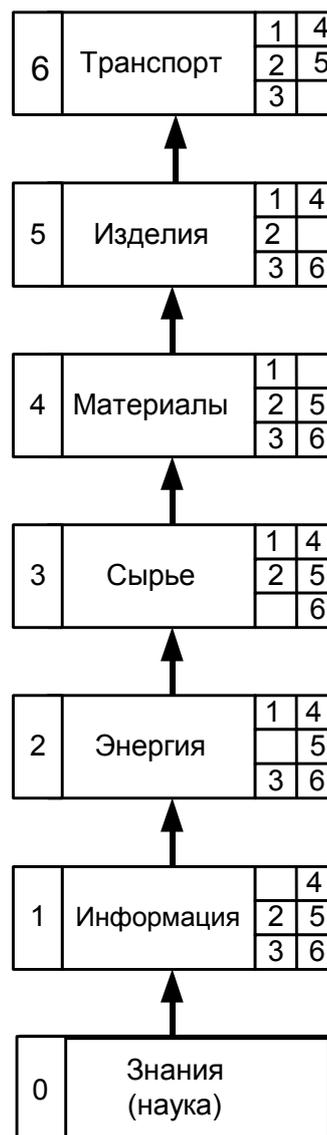


Рис. 1

1.3.3. Только на стадии возникновения мыслящей материальной структуры начинает действовать новая движущая сила эволюции – творец, проектирующий каждый отдельный акт развития искусственной природы и осуществляющий свои проекты. В этом – суть практической деятельности человека и, в частности, суть деятельности инженера. Следовательно, практическая деятельность человека есть результат эволюции Вселенной. Решающим фактором в этой деятельности является ее естественнонаучная основа, которая охватывается современным естествознанием.

1.4. Современное естествознание и инженерное образование

Число различных специальностей велико. Их перечень постоянно изменяется – некоторые отмирают, зарождаются новые. Эти изменения отражают общий научно-технический прогресс. В настоящее время технические вузы страны обеспечивают подготовку инженеров более чем по 280 специальностям, распределенных по 77 техническим направлениям (см. «Перечень направлений подготовки дипломированных специалистов и отнесенных к ним специальностей высшего профессионального образования», письмо МО РФ от 09.03.2000, №14-51 ин/12).

Однако принципиально различающихся направлений инженерной деятельности (т.е. различающихся в своей естественнонаучной основе) только шесть. Они связаны с производством информации, энергии, сырья, материалов, изделий и с транспортом (рис. 1). Любое из приведенных на рис. 1 производств рассматривается здесь в самом широком смысле. Производство информации включает получение и передачу информации во всех сферах деятельности человека. Производство энергии включает преобразование любых видов энергии (от мускульной до внутриядерной) в виды, непосредственно применяемые на производстве и в быту, например, в механическую или в электрическую. Производство сырья включает сырье, связанное не только с геологическими, но и с биологическими и другими источниками. Материалы – результат придания сырью свойств, которые обеспечивают получение из него в дальнейшем тех или иных изделий. К изделиям отнесено то, что производится из материалов – от пуговицы до сложнейшей автоматизированной системы управления производством, от лопаты до здания, от игрушки до гидроузла и т.д., и имеет характерное индивидуальное оформление и назначение. В понятие «транспорт» включается все, что обеспечивает доставку материалов, изделий и т.д. к месту дальнейшей переработки, потребления или хранения. Сюда относятся любые средства перемещения от гужевого транспорта до гипотетической фотонной ракеты. (Примеры из электромеханических специальностей).

Между составными частями приведенного перечня (рис. 1) имеется определенная иерархическая связь, отражающая тот факт, что без информации невозможно вовлечь знания и опыт в производственную сферу, без энергии производство теряет свою естественную движущую силу, т.е. не реализуемо, без сырья невозможно производство материалов и т.д.

Эта иерархия в принципиальном плане абсолютна. Однако на практике все ступени иерархической лестницы, изображенной на рис. 1, в равной степени взаимозависимы. Никакая из них не может существовать вне связи со всеми остальными. Эти связи указаны на рис. 1 номерами справа в

соответствующем прямоугольнике. Следует отметить, что пустые прямоугольники отображают взаимодействие данного производства с самим собой. Так, информатика сама является потребителем информации, энергетика – энергии, одни материалы могут использоваться в качестве сырья при производстве других и т.д.

Наиболее ярко описанные взаимосвязи проявляются тогда, когда на их основе возникает конкретная инженерная специальность. Ее становление сопряжено с использованием знаний, касающихся сразу нескольких или даже всех направлений практической деятельности, представленных на рис. 1. Это находит отражение в дисциплинах учебного плана. Подготовка по каждой специальности обеспечивается не менее 50 дисциплинами.

Все они образуют единую систему различных курсов, внутренне согласованных друг с другом так, что только вместе позволяют сформировать высококвалифицированного и широкообразованного специалиста данного профиля. Принципиальная основа этой внутренней согласованности учебных дисциплин определяется Государственным образовательным стандартом (ГОС'ом).

Поэтому нельзя в процессе учебы делить дисциплины на важные и неважные, как это часто делают неискушенные студенты и недостаточно опытные преподаватели. Здесь ситуация вполне аналогична методам подготовки спортсменов. Спортсменом высокого класса невозможно стать не «накачав» все группы мышц, не укрепив дыхательный аппарат, сердечно-сосудистую систему, общую выносливость организма и психологическую устойчивость личности. В высоком спорте не делят тренировки на важные и неважные. Точно также следует всесторонне «накачивать» свой интеллект с помощью всех дисциплин учебного плана.

Из схемы рис. 1 видна связь практической деятельности человека с окружающей природой. Информация, лежащая в основе всех направлений деятельности человека, извлекается им из природы либо непосредственно (естественными науками), либо опосредованно – путем получения вторичной информации (из первичной, фундаментальной) прикладными науками и инженерной практикой. Все источники знаний обобщенно отображены на рис. 1 позицией «0». Так энергия связана с природой тем, что представляет собой проявление различных форм движения и взаимодействия материальных объектов. Любое сырье есть природное вещество. Материалы – те же вещества, преобразованные к виду, более удобному для непосредственного практического использования. Причем преобразуются они в технологических процессах, строго подчиняющихся естественным законам природы. Любые изделия, а также самые сложные и хитроумные устройства являются лишь комбинациями конструктивных элементов, выполненных из природных материалов с использованием процедур, операций и процессов, подчиняющихся законам природы. Транспорт использует принципы перемещения тел в пространстве, разрешенные и определяемые физическими законами.

Таким образом, все направления инженерной деятельности либо копируют природу, либо, если и создают новое, то лишь в рамках законов природы. Не существует технических специальностей за пределами разрешенного законами природы, т.е. законами фундаментальных наук.

Поэтому, в частности, и все дисциплины учебного плана, формирующие специалиста данного профиля, имеют общие естественнонаучные основы.

К сожалению, общность естественнонаучных основ дисциплин учебного плана далеко не всегда осознается студентами и подчеркивается преподавателями. Это затрудняет формирование у студента системного мышления и приобретение им широких профессиональных знаний. Этот недостаток должна устранить дисциплина «Современное естествознание».

1.5. Контрольные вопросы

1. *Какие науки относятся к фундаментальным?*
2. *Чему посвящено современное естествознание?*
3. *Что такое научная концепция; какие идеи относятся к меж- и трансдисциплинарным?*
4. *Какие цели у современного естествознания?*
5. *Какие основные этапы в своем развитии прошло естествознание?*
6. *Чем характеризуется этап развития естествознания, связанный с древнегреческой наукой?*
7. *Обрисуйте кратко систему Аристотеля.*
8. *В чем особенности и недостатки механистической картины мира?*
9. *В чем особенности и недостатки электромагнитной картины мира?*
10. *В чем особенности и достоинства современной научной картины мира?*
11. *В чем состояла, чем была вызвана дифференциация науки?*
12. *Чем была вызвана интеграция науки в XX веке? Как эта интеграция связана с современным естествознанием?*
13. *Как связана инженерная деятельность с современным естествознанием?*
14. *Что такое «искусственная природа»?*
15. *Как связано современное естествознание с инженерным образованием?*
16. *Какие принципиально различные направления инженерной деятельности Вы знаете? Какова их иерархия? Как они связаны между собой?*
17. *Как связано современное естествознание с другими дисциплинами учебного плана?*

ЛЕКЦИЯ 2. МИР КАК ЦЕЛОСТНАЯ, САМОРАЗВИВАЮЩАЯСЯ СИСТЕМА

2.1. Вселенная, ее масштабы

Под Вселенной мы обычно понимаем видимую часть окружающего нас мира. Ее еще называют метагалактикой. Диапазон размеров, масс, энергий и времен, доступных современному естествознанию в наблюдениях и экспериментах весьма велик.

Так диапазон размеров (рис. 2.1): от менее 10^{-15} м (субатомные размеры) до размеров порядка 10^{27} м (размер наблюдаемой части Вселенной).

Диапазон масс (рис. 2.1): от 10^{-30} кг (масса порядка массы электрона) до 10^{50} кг (массы порядка массы Вселенной).

Диапазон энергий (рис. 2.2): от 10^{-20} Дж (энергия теплового движения атома) до энергий более 10^{40} Дж (энергия взрыва сверхновой звезды).

Диапазон времен (рис. 2.3): от 10^{-22} с (время жизни некоторых элементарных частиц) до 10^{10} лет (время эволюции Вселенной в целом).

Следует отметить, что теории оперируют перечисленными величинами в еще более широких диапазонах. Например, теоретическая физика имеет дело с энергиями более 10^{40} Дж, интервалами времени короче 10^{-22} с и пространственными промежутками менее, чем 10^{-15} м.

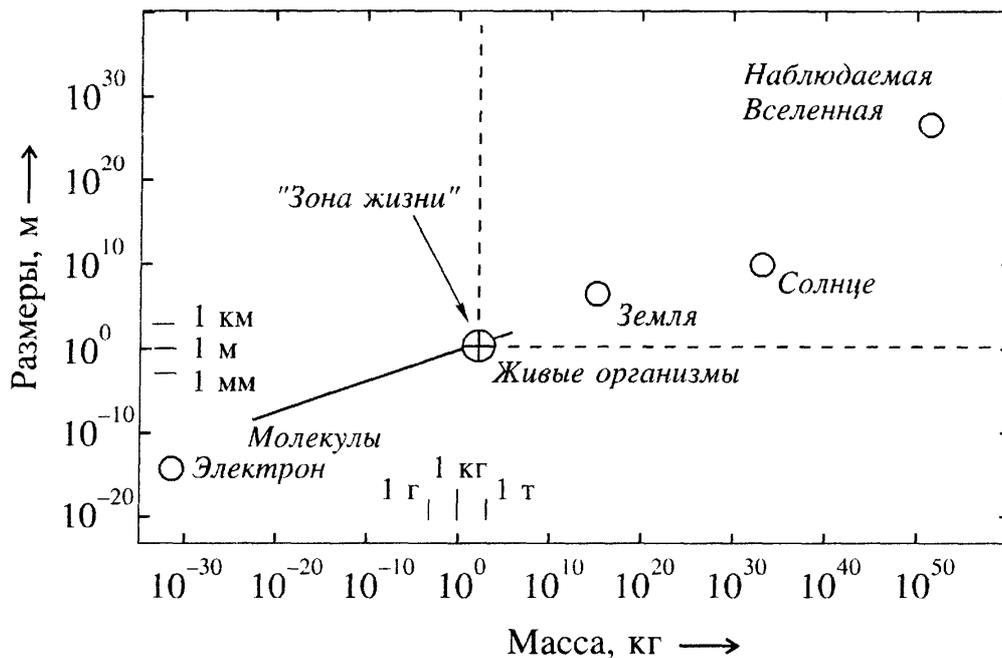


Рис. 2.1. Диапазоны масс и размеров материальных объектов во Вселенной

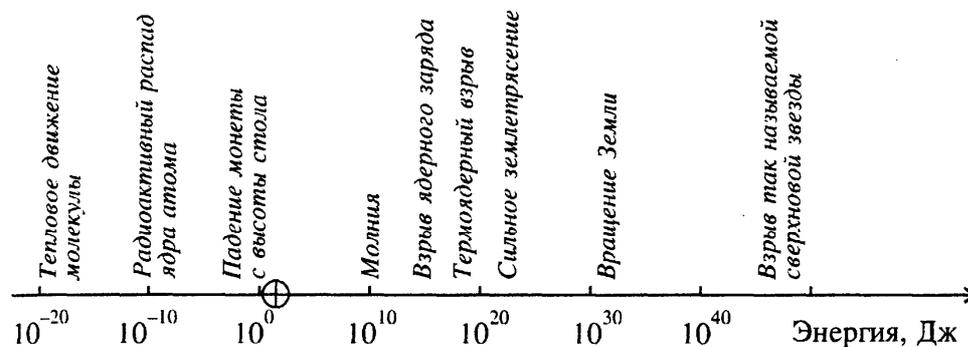


Рис. 2.2. Диапазон энергий материальных процессов во Вселенной. Значком \oplus показана «зона жизни»

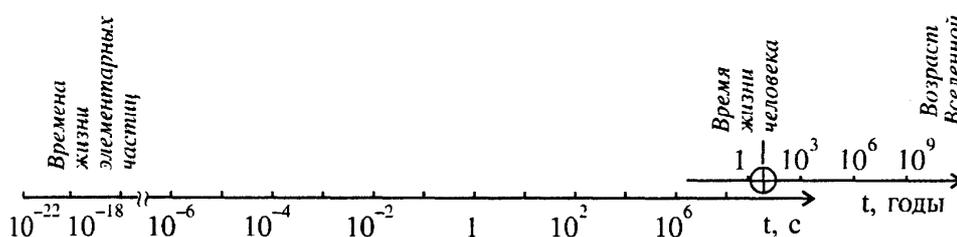


Рис. 2.3. Диапазон длительностей различных процессов во Вселенной

В связи с рассмотрением диаграмм на рис. 2.1-2.3 обратим внимание еще на одно важное обстоятельство. Оно связано с ограниченной способностью наших органов чувств воспринимать окружающий мир и ограниченностью образов и моделей, с помощью которых формируются наши непосредственные представления о нем. И то, и другое связано с условиями формирования нашей сенсорной системы (вкусовые ощущения, осязание, обоняние, слух, зрение) и нашей мыслительной системы (мозг). Указанные системы создавались в условиях непосредственного материального окружения человека, а это лишь очень малая часть Вселенной. Назовем эту часть «зоной жизни» (она обозначена значком \oplus на рис. 2.1-2.3). В итоге у человека образовались органы чувств, которые воспринимают лишь мир макротел и достаточно медленных макропроцессов. Сюда относятся молекулы, отделяющиеся от макротел, действующие на наше обоняние и создающие вкусовые ощущения; геометрические особенности макротел, их твердость и степень нагретости (температура), воспринимаемые осязанием; механические и электромагнитные волны, действующие на слух, зрение и кожный покров.

Приведенные диапазоны важнейших величин, которыми характеризуются природные объекты и явления, свидетельствуют о чрезвычайно большом разнообразии объектов (природных структур) и условий их существования, которые изучаются современным естествознанием.

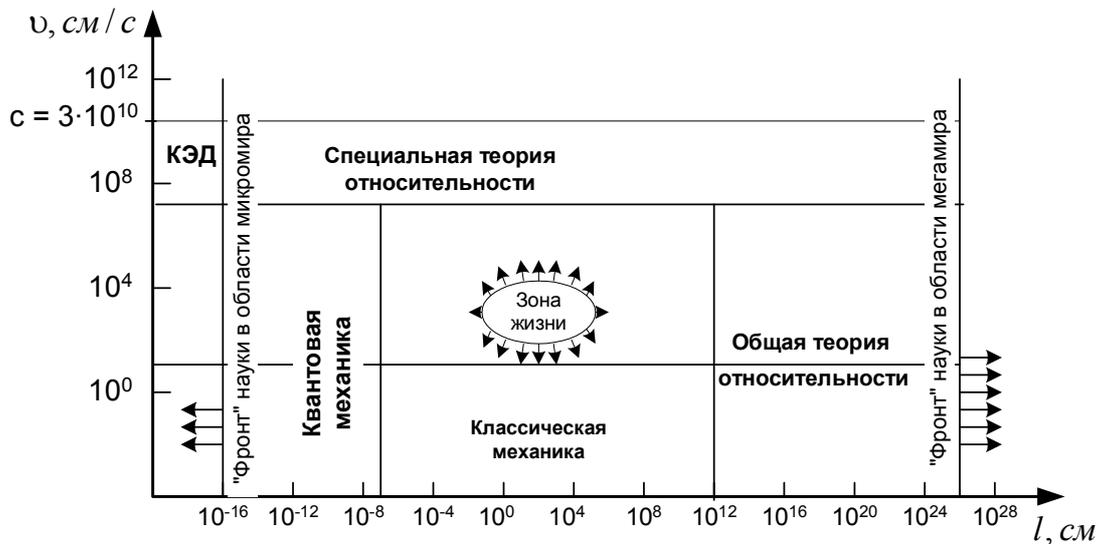


Рис. 2.4. Взаимосвязь между физическими теориями

Все многообразие объектов и процессов во Вселенной сводится к трем материальным сущностям: материальные системы (объекты), взаимодействия между объектами, движение (развитие) материальных систем (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Схема, отображающая составляющие материальной основы окружающего нас мира

Кроме трех приведенных на рис. 2.5 материальных сущностей (1, 2, 3) ничего иного в объективном реальном мире не обнаружено; все многообразие неживой, живой и мыслящей природы и все, что производит человек в своей деятельности, сводится к этим сущностям. При изучении материальных систем (1) окружающего нас мира мы обнаруживаем их естественную иерархию: от элементарных частиц до метagalактики (в неживом), от клетки до биосферы (в живом), от человека до ноосферы (в мыслящем). Среди взаимодействий (2) обнаруживаются четыре вида фундаментальных – слабое, гравитационное, электромагнитное и сильное. Количество различных форм движения (3) весьма велико.

2.2. Целостность и единство окружающего мира

Все в мире имеет общую материальную основу и подчиняется единым законам. Это объясняется тем, что наша Вселенная есть единая целостная система; в ней все связано со всем. Например, если падает осенний лист на поверхность земли, от его удара вибрирует весь Земной шар и его гравитационное поле, а, следовательно, начинают колебаться на своих орбитах планеты, что передается Солнцу и другим звездам нашей, а затем и всем другим галактикам, т.е. Вселенной в целом. В данном примере приведены чрезвычайно слабые эффекты. Но понятие «слабый» условно и зависит от чувствительности соответствующего сенсора. Например, вибрация почвы при прикосновении с ней лапок ночных бабочек, которыми питается один из видов скорпиона, для него достаточно велика, чтобы определить направление и расстояние расположения бабочки.

Единство и целостность Вселенной объясняется тем, что она возникла одновременно как единая система в одной «точке» и как единая система продолжает развиваться. Вселенная постоянно расширяется. Но как бы далеко не уходили ее части друг от друга, связи между ними сохраняются. Вселенная самоподобна во всех своих частях и эти части всегда и везде подчиняются одним и тем же законам. Самоподобие Вселенной проявляется в том, что, например, электроны (их примерно 10^{80} штук) во всех частях Вселенной одинаковы, звезды ($\sim 10^{22}$ штук) – хотя и не одинаковы, но во многом подобны друг другу; много схожего и между галактиками ($\sim 10^{11}$ штук) и т.д.

Единство, целостность и самоподобие Вселенной и подчинение единым фундаментальным законам всех ее частей на всех этапах ее эволюции позволяют современному естествознанию создать достаточно компактную научную картину мира.

После возникновения Вселенная постоянно изменялась, эволюционировала. Ее эволюция реализовалась в процессе непрерывного изменения отдельных ее структур. Основная направленность эволюции материальных структур – переход от простого к сложному и так до образования Земли, живых и мыслящих существ, а затем – человеческого общества. Все этапы эволюции в природе происходят самопроизвольно, за счет самоорганизации с образованием более сложных материальных систем из простых и за счет «перебора» природой возможных сочетаний всех ее составляющих и сохранении из них только наиболее устойчивых. Природа здесь вполне самодостаточна и не нуждается в помощи творца.

2.3. Иерархия материальных структур

В процессе эволюции Вселенной возникло необозримое множество материальных структур. Наука позволяет их систематизировать по различным признакам. Однако природа сама «установила» для них единственно возможную иерархическую систему. Эта система возникла естественным путем при последовательном формировании все более сложных структур из простых в процессе эволюции Вселенной.

Иерархическая система материальных структур охватывает все неживое, живое и мыслящее и все то, что создано человеком. На рисунке 2.6 схематически представлена иерархия неживых, а на рисунке 2.7 – живых материальных структур.

Иерархия материальных структур характеризуется следующими особенностями:

1. Никакие «промежуточные» или дополнительные стабильные материальные структуры в мире не существуют; данная иерархическая система является полной; исключения составляют еще не исследованные наукой материальные структуры, например, составные части кварков (если таковые существуют вообще).

2. Каждая высшая структура включает все низшие – в этом проявляется основная взаимосвязь между ступенями иерархии. Изложенное означает, что, например, атом состоит из элементарных частиц, молекула обязательно включает атомы и т.д. (еще не полностью ясна лишь связь элементарных частиц с вакуумом).

3. Свойства более сложных структур не сводимы к свойствам более простых, входящих в сложную. При переходе от низшей структуры к следующей высшей происходит качественное изменение свойств. Например, свойства атома, проявляющиеся в его химической активности, а также в излучении электромагнитных волн определенного спектрального состава, не присущи частицам, из которых атом состоит.

Иерархия неживого (рис. 2.6) образует всю совокупность природных объектов микро-, макро- и мегамира. **Макромир** – это мир окружающих нас объектов. Клетка, ткань, орган, популяция и т.д. (рис. 2.7) – также элементы макромира. Макромир наиболее доступен для исследований. Его изучение привело к возникновению классических наук.

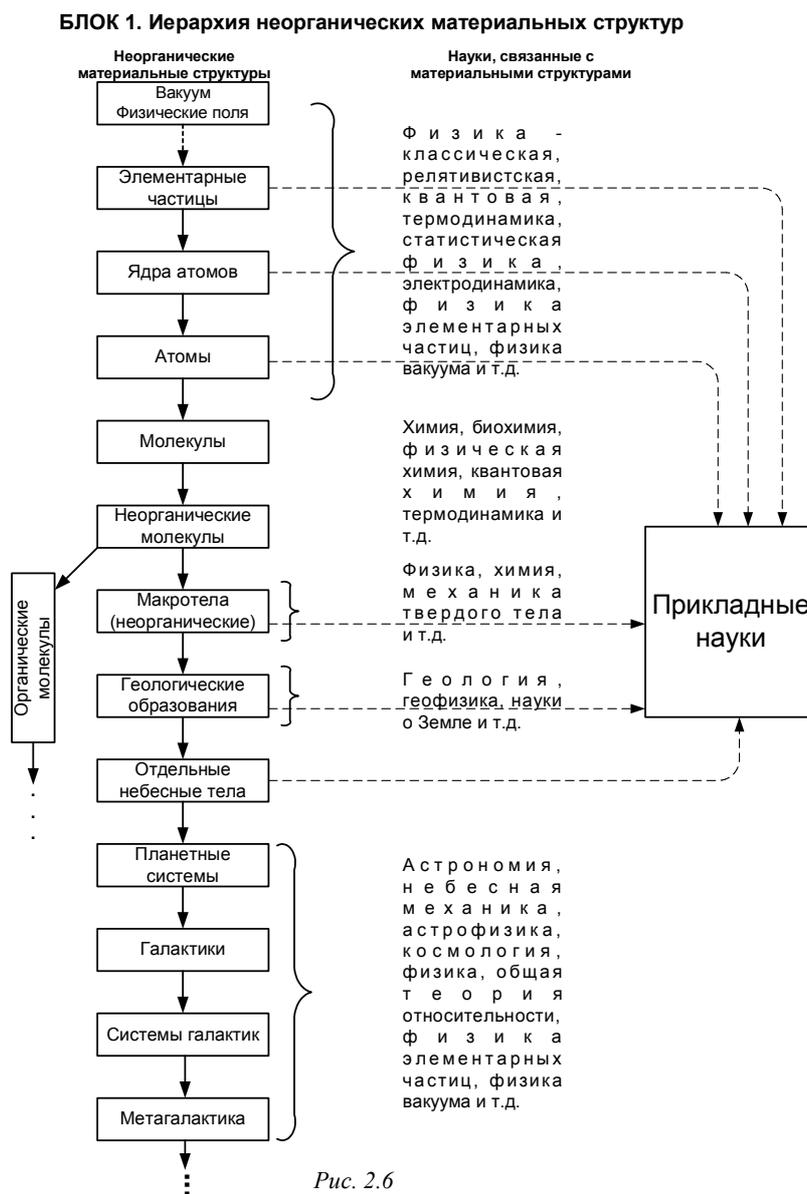
Микромир – охватывает объекты, размеры которых на много порядков меньше размеров макрообъектов. Познание природы в этой области возможно лишь опосредовано, с помощью тончайших методов, разработка которых стала возможной лишь при достижении обществом достаточно высокого научно-технического уровня.

В **микромире** проявляется и решающим образом влияет на свойства макросистем их квантование характеристик, а также чувствительность состояния этих систем к слабым неконтролируемым воздействиям окружения. Изучение микромира привело к возникновению и развитию неклассической физики и неклассического типа мышления человека.

Мегамир – объект исследования наук, занимающихся изучением и описанием планетных систем, звезд, галактик и Вселенной в целом. К этой области знания относится одна из древнейших наук – астрономия, а также астрофизика и космология. В мегамире оказывается существенным гравитационное взаимодействие. Эволюция материальных систем в мегамире определяется также всеми процессами, протекающими на микроуровне, где работают слабые, сильные и электромагнитные взаимодействия. Таким образом, в процессах эволюции Вселенной смыкаются микро- и мегамиры.

Природные объекты микро-, макро- и мегауровня объединены в целостный мир (Вселенную) и распределены по степени сложности и «соподчиненности» в единую иерархическую систему, представленную на

рис. 2.6 и 2.7. Еще раз подчеркнем, что представленная на этих рисунках иерархия материальных структур возникла не одновременно, а постепенно в процессе эволюции Вселенной в течение примерно 15 млрд. лет.



БЛОК 2. Иерархия органических материальных структур

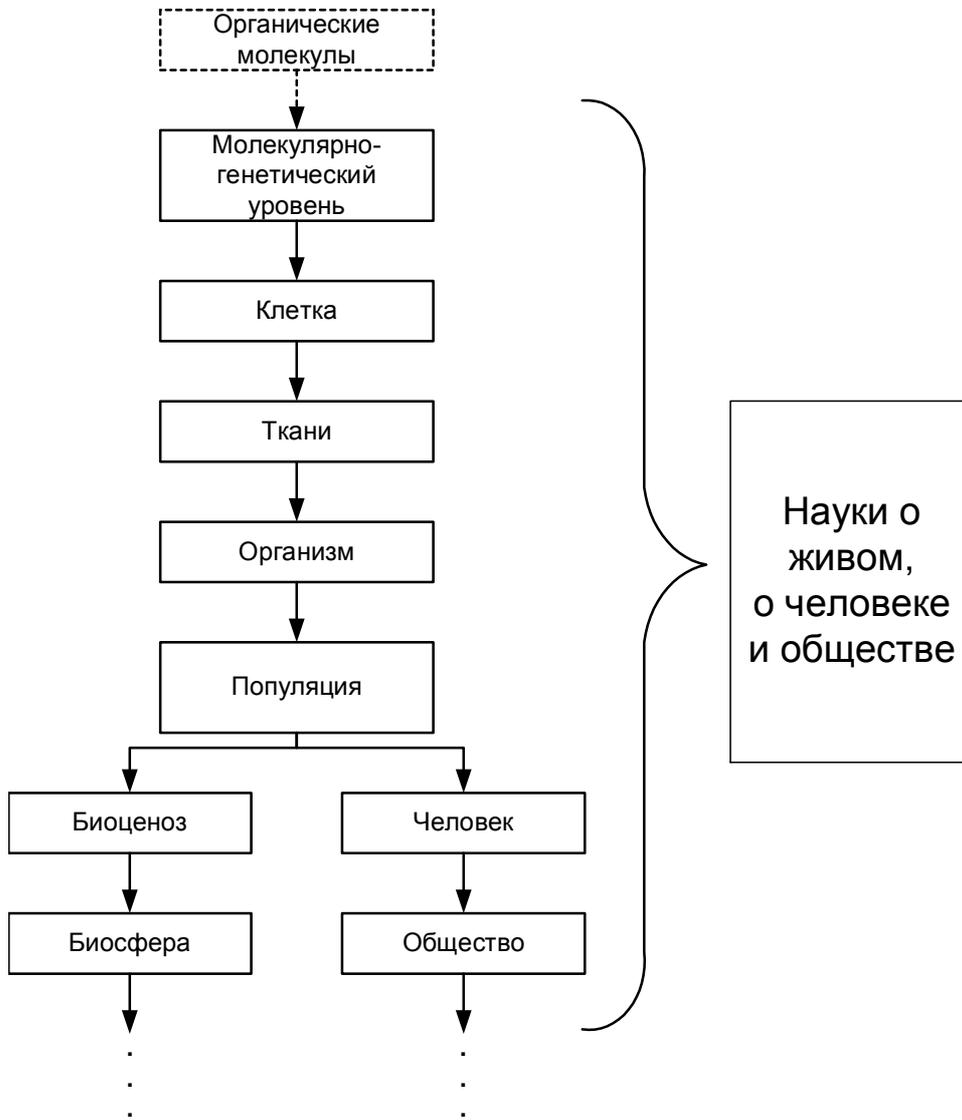


Рис. 2.7

2.4. Материя и ее формы

Материя – объективная реальность, существующая вне и независимо от нашего сознания. Материя проявляется в бесконечном множестве материальных систем окружающего мира, представленных в иерархической системе, приведенной на рисунках 2.6 и 2.7. Субъективная сфера человеческой жизни (сознание, эмоции, мысли и т.д.) представляет собой специфический результат функционирования особых материальных структур (нервная система, мозг человека), т.е. по своему происхождению имеет также материальную основу.

Материя едина. Однако на начальном этапе изучения материи исследователи выделили две различные ее формы. Одну назвали полем, а вторую веществом.

Вещество – это то, что может быть локализовано в пространстве, сводится к совокупности частиц, имеет конечное число степеней свободы (атом, молекула, макротело и т.д.).

Поле распределено в пространстве, характеризуется совокупностью непрерывным образом переходящих друг в друга взаимосвязанных элементов, имеет бесконечное число степеней свободы (гравитационное поле, электромагнитное и т.д.).

Свободные частицы вещества движутся поступательно и вращательно, характеризуются координатами, импульсами, энергией; импульс и энергия локализованы и «принадлежат» частицам. Типичным движением для поля является волновое движение; его характеристики – амплитуда, частота, длина волны, фаза, энергия. Энергия волны не локализована, она непрерывным образом распределена в пространстве и «принадлежит» элементам его объема. Совокупность волн в определенных условиях подвержена явлениям интерференции и дифракции. Свободные классические частицы (подчиняющиеся законам классической физики) в подобных явлениях участвовать не могут.

Частицы и поля символизируют дискретное и непрерывное в природе. Однако современная физика обнаружила условность грани между частицами и волнами. При переходе от макро- к микропроцессам у частиц обнаруживаются волновые свойства. Этот эффект называется корпускулярно-волновым дуализмом. Суть и проявления корпускулярно-волнового дуализма вскрывается квантовой физикой; в рамках классической физики его объяснить невозможно.

Согласно корпускулярно-волновому дуализму частицы проявляют волновые свойства, а поля – корпускулярные. Так электромагнитная волна эквивалентна потоку частиц – фотонов, наличие которых со всей определенностью обнаруживается экспериментально, например, при изучении фотоэффекта. Наличие волновых свойств частиц объясняет их дифракцию на кристаллах и используется в электронных микроскопах и других современных исследовательских установках.

Важно отметить, что физические поля и частицы органически связаны с вакуумом. С вакуумом мы познакомимся подробнее в п. 2.6. Здесь лишь отметим, что вакуум является энергетически наинизшим («нулевым») состоянием поля. Если устранить все поля (а это означает, что устранены и все частицы – источники полей), тогда то, что остается и называется вакуумом. И наоборот, любые возбуждения вакуума проявляются в виде взаимосвязанных полей и частиц. Следовательно, вакуум – первооснова материи, а ее качественно различные проявления – это поля и частицы, из которых формируются все материальные структуры, представленные на рис. 2.6 и 2.7.

2.5. Элементарные частицы

Итак, в основе всего лежит физический вакуум. Поэтому вакуум и обозначен первой материальной структурой в их иерархии, представленной на рис. 2.6. Далее идут элементарные частицы. Элементарные частицы и вакуум так взаимосвязаны друг с другом, что суть одного без другого пояснить невозможно. Однако с элементарными частицами каждый, окончивший среднюю школу, знаком достаточно обстоятельно. Напротив, свойства физического вакуума фактически не затрагивались ни в школьной, ни в вузовской физике. Поэтому, мы вначале вспомним все необходимое о частицах, а затем познакомимся с основными свойствами вакуума.

Начнем с того, что понятие «элементарная частица» оказалось трудным и в наши дни. Это связано с тем, что идея о корпускулярности вещества изначально базировалась на необоснованной, интуитивной уверенности, что

в природе существуют некие мельчайшие, несоставные, неделимые, первичные частицы, из которых состоят все другие (более сложные, составные) частицы вещества. Такие гипотетические частицы и были названы элементарными. Первоначально на роль элементарной частицы вещества претендовал атом – буквально – «нерассекаемый, неделимый». Однако оказалось, что атом – составная частица: содержит электроны и ядро. Но ядро в свою очередь состоит из протонов и нейтронов; нейтроны состоят из кварков. Имеется предположение, что и кварки не элементарны.

Таким образом, первоначальная идея элементарности пока остается неконструктивной в поисках первооснов вещества. Поэтому условились называть элементарными все известные в настоящее время микрочастицы, включая ядра атомов.

Теория элементарных частиц весьма сложна. Для нас достаточно вспомнить их формальную классификацию. Однако вначале напомним, что элементарные частицы существуют парами: частицы и античастицы. Напомним также, что основные характеристики элементарных частиц делятся на некантованные и кантованные. К некантованным относятся масса и время жизни; у частиц и античастиц они одинаковы. Время жизни частицы τ – это среднее время между моментами возникновения и распада частицы. К стабильным относят частицы, у которых $\tau \rightarrow \infty$; к квазистабильным – частицы с τ в пределах от 10^{-20} с до 10^{-6} с (сюда же относятся свободные нейтроны, у которых $\tau \approx 1000$ с). Нестабильные частицы называются резонансами; их время жизни $\tau < 10^{-21}$ с.

Квазистабильные частицы и резонансы не могут накапливаться, они рождаются и исчезают. К стабильным относятся нейтрино, электроны, протоны и нейтроны (последние только внутри ядра атома). Возникнув, они (без внешнего воздействия) сохраняются навсегда. Поэтому в процессе эволюции Вселенной протонов, например, накопилось порядка 10^{80} штук.

Масса частиц изменяется от нуля до тысяч масс протонов m_p ($m_p \approx 1,67 \cdot 10^{-32}$ кг).

К кантованным характеристикам элементарных частиц относятся: электрический заряд, лептонный заряд, барионный заряд, спин, изотопический спин, странность и некоторые другие. У античастиц зарядовые характеристики имеют противоположный знак. Существуют частицы, «совпадающие» со своими античастицами; такие частицы называются истинно нейтральными (например, π^0 мезон). При встрече частицы с античастицей они взаимно «уничтожаются» (аннигилируют), порождая излучение или другие частицы. Заметки и
Всем характеристикам элементарных частиц (кроме времени жизни) отвечают соответствующие законы сохранения. В отсутствие строгой теории элементарных частиц законы сохранения помогают разобраться в том, какие из большого числа абстрактно возможных процессов взаимного превращения частиц могут реально осуществиться.

Все элементарные частицы разделяют на фермионы и бозоны. Фермионы описываются квантовой статистикой Ферми-Дирака и подчиняются принципу Паули, а бозоны не подчиняются принципу Паули и описываются статистикой Бозе-Эйнштейна.

Все элементарные частицы участвуют в гравитационном взаимодействии. Однако в микромире оно исчезающе мало и может не учитываться. Остальные три вида фундаментальных взаимодействий могут приводить к распадам элементарных частиц. Слабое взаимодействие действует в пределах до 10^{-17} см, сильное – до 10^{-13} см, а радиус действия электромагнитных сил бесконечен.

Простейшая систематизация элементарных частиц связана с тем, в каких фундаментальных взаимодействиях участвуют частицы. Частицы, участвующие (помимо гравитационного и электромагнитного взаимодействия) еще в слабом, называют лептонами. В сильном взаимодействии лептоны не участвуют. Частицы, участвующие во всех видах взаимодействий (включая сильное) называют адронами.

Лептонов всего шесть (с антилептонами – 12). Это электрон e^- (и его античастица – позитрон e^+), мюон μ^- (и μ^+), тау-лептон τ^- (τ^+) и соответствующие этим частицам нейтрино ν_e ($\tilde{\nu}_e$), ν_μ ($\tilde{\nu}_\mu$) и ν_τ ($\tilde{\nu}_\tau$). Все лептоны являются фермионами и подчиняются принципу Паули. Следовательно, электроны относятся к фермионам. Этим объясняются все химические, оптические и магнитные свойства атомов.

Адронов порядка 300. Их разделяют на мезоны и барионы. Мезоны – это адроны с целым спином ($J=0$), а барионы – с полуцелым ($J = \pm \frac{1}{2}, \pm \frac{3}{2}$).

В настоящее время общепризнано, что адроны не являются «истинно» элементарными; они состоят из других элементарных частиц, которые называются кварками (и антикварками). Кварков шесть (с антикварками – 12). Все они имеют спин равный $\frac{1}{2}$ ($-\frac{1}{2}$). Уникальная особенность кварков в том, что их заряд (выраженный в зарядах электрона e^-) дробный и равен $\pm \frac{1}{3}e$ или $\pm \frac{2}{3}e$. Кварки получили название *up* ($\frac{2}{3}$), *down* ($-\frac{1}{3}$), *strange* ($-\frac{1}{3}$), *charm* ($\frac{2}{3}$), *beauty* ($-\frac{1}{3}$) и *truth* ($\frac{2}{3}$). Кварки могут объединяться за счет ядерных сил в адроны двумя способами: по два (кварк-антикварк) и по три. В первом случае образуются мезоны (например, $\pi^+(u\bar{d})$, $\pi^-(d\bar{u})$); во втором случае образуются барионы ($n(udd)$, $p(uud)$). До настоящего времени еще не удалось «выбить» из адронов кварки и изучить их в свободном состоянии. Существующие сейчас ускорители не позволяют придать соударяющимся частицам необходимую энергию. Однако такой энергией частицы обладали на разных стадиях эволюции Вселенной. Именно тогда они (как предполагает современная теория) существовали в свободном состоянии.

Из адронов принято выделять четыре стабильные частицы, входящие в ядра атомов. Их называют нуклонами (и антинуклонами). Нуклоны бывают положительными; это протоны и нейтральными – нейтроны. Оставшиеся барионы называют гиперонами. Их около 300.

Таким образом из примерно 300 элементарных частиц истинно элементарных имеется всего 24 – двенадцать лептонов и антилептонов и

двенадцать кварков и антикварков. Имеются также частицы – кванты взаимодействия, которые обеспечивают фундаментальные взаимодействия: 16 частиц (глюоны и антиглюоны) – для взаимодействия между кварками (сильное взаимодействие), фотон – для электромагнитного, W^\pm и Z-частицы (и их античастицы) – для слабого взаимодействия и гравитон – для гравитационного (всего 24 частицы взаимодействия).

В физике элементарных частиц еще много нерешенных вопросов. Например, что может быть началом в ряду: атомы, ядра, адроны, кварки... Очевидно, что так продолжаться до бесконечности не может. Началом должна быть какая-то материальная система, не относящаяся к типу частиц, а иной природы. Например, возможно, в качестве самой элементарной «частицы» выступает некое возбуждение физического вакуума или какое-то «неточечное» образование. Подобные гипотезы постоянно обсуждаются. Однако они еще не переросли в общепризнанные теории. Для примера познакомимся с основной идеей так называемой М-теорией (М – от mystery загадка, тайна). Ее считают достаточно перспективной. Заметки и

В М-теории показано, что исходным объектом для элементарных частиц может быть не точечный, а подобный струне, но в многомерном пространстве (суперструна). В рамках четырехмерного пространства суперструне приписывают очень малый размер (10^{-34} см).

Легко представить, что отрезок струны, рассматриваемый с очень большого расстояния r ($r \gg 10^{-34}$ см), будет выглядеть как точка (частица). Однако фактически являясь струной, он имеет бесконечный набор частот собственных колебаний ν_i , проявляющихся в пространстве в виде волн с квантами $h\nu_i$ ($h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – постоянная Планка). Согласно корпускулярно-волновому дуализму этим квантам соответствуют некоторые частицы. Так струна порождает самые элементарные частицы, на основе которых образуются более сложные составные: кварки, адроны и т.д.

М-теория оперирует двенадцатимерным пространством. Однако она позволяет «свернуть» все «ненужные» измерения и перейти к обычному 4-х мерному пространству и объяснить происхождение элементарных частиц. Кроме того, эта теория в принципе позволяет свести четыре фундаментальные взаимодействия к меньшему их числу и в пределе к одному – к так называемой Суперсиле. Важно также, что М-теория допускает существование разных миров и определяет условия, обеспечивающие возникновение нашего мира. Поэтому ее иногда называют «теория всего». Однако М-теория еще недостаточно разработана и не общепризнанна.

2.6. Физический вакуум

Как следует из рис. 2.6, началом всего является физический вакуум. Поэтому чрезвычайно важно иметь хотя бы приблизительное представление о вакууме. Кроме того, понятие вакуума часто используется в различных псевдонауках для «затуманивания» мозгов доверчивых и недостаточно грамотных людей. Важно также отметить, что рассказ о вакууме можно построить так, что на одном реальном примере убедительно продемонстрировать, чем отличается по своему «происхождению» истинная наука от псевдочувств. Дело в том, что псевдонауки (астрология, уфология,

хиромантия, экстрасенсорика и т.д.) представляет собой умозраительные построения, они «выдумываются» авторами, т.е. не имеют экспериментальных основ и строгих теоретических обоснований. Истинная наука не выдумывается, она доказательно извлекается из природы вещей как неизбежное следствие строгих экспериментов и строится с помощью проверенных многими поколениями ученых теоретических методов. Иными словами, наука «навязывается» человеку природой, а псевдонаука «навязывается» одними людьми другим.

Понятием «физический вакуум» обозначается реальность, которую ранее называли эфир, а именно то, что «остается», если убрать все вещественное. Более тысячи лет эфиру приписывали свойства особого, тонкого вещества, которое заполняет все пространство, но не препятствует движению тел.

Несмотря на титанические усилия многих поколений ученых, «работающую» модель эфира создать не удалось. Оказалось, что эфир в виде особого тонкого вещества никак не обнаруживается и не может даже служить системой отсчета при описании движения тел. (Опыты А. Майкельсона, 1881, 1886-87, 1929 годы).

Современные представления об эфире, но уже в качестве физического вакуума, возникли «сами собой», при построении релятивистской квантовой теории электрона английским ученым П. Дираком. (1930 г.). При создании этой теории необходимо было использовать релятивистскую формулу, связывающую энергию и импульс: $W = \pm \sqrt{c^2 p^2 + c^4 m^2}$, где m и p – масса и импульс электрона соответственно. Приведенное выражение соответствует энергетическому спектру электрона, который приведен на рис. 2.8.

Положительные значения энергии (W^+) в этом спектре отражают обычные, наблюдаемые состояния электронов. Состояние для электронов с отрицательными энергиями (W^-) никогда не наблюдали. Кроме того, если действительно существуют пустые энергетические квантовые состояния с отрицательной энергией, то на них должны самопроизвольно перейти (переходы тип I на рис. 2.8, а) электроны с высших (положительных) уровней, выделяя излишек энергии $\geq 2mc^2 = h\nu$ в виде γ -кванта. Иными словами, все наблюдаемые электроны с положительной энергией неизбежно должны «провалиться» на отрицательные уровни. Однако этого не происходит. Электроны, образующие вещество, продолжают существовать. Чтобы «спасти» теорию, Дирак предположил, что все уровни с отрицательной энергией уже заняты электронами и поэтому переходы типа I запрещены (по принципу Паули).

Бесконечное число квантовых состояний с отрицательной энергией, занятых электронами, называется «Море Дирака». Море Дирака вместе с системой положительных уровней энергетического спектра электронов и составляет основу современного представления о физическом вакууме. В рассмотренном примере – это так называемый электронно-позитронный вакуум. Он может порождать электроны и их античастицы (позитроны) Имеются и другие виды вакуума (протонно-антипротонный и т.д.).

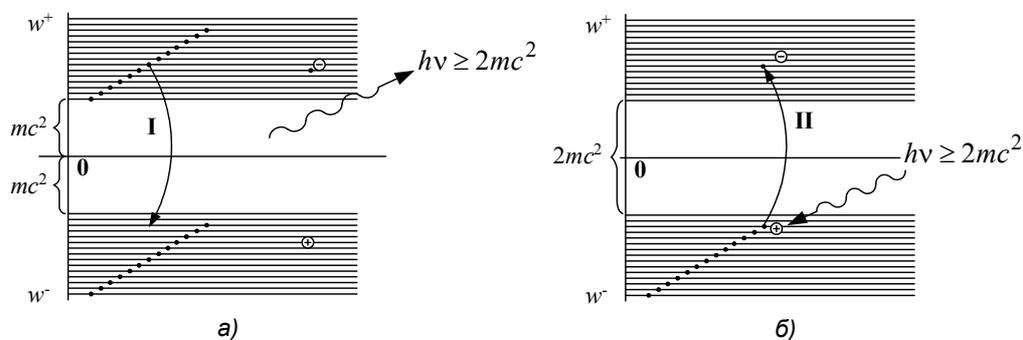


Рис. 2.8

Сами по себе электроны в Море Дирака ненаблюдаемы. Их, например, нельзя непосредственно использовать для формирования электронного луча в телевизоре. Однако из рис. 2.8,б ясно, что если «направить» в вакуум (а это значит куда угодно, т.к. вакуум везде) квант γ -излучения с энергией $h\nu \geq 2mc^2$, то из Моря Дирака будет выбит электрон и он перейдет в состояние с положительной энергией, т.е. станет реальным, непосредственно обнаружимым (переход II на рис. 2.8,б). По закону сохранения заряда одновременно должен появиться такой же по величине, но противоположный по знаку заряд, т.е. положительный «дубликат» электрона - антиэлектрон. Антиэлектрон на схеме рис. 2.8 является просто свободным энергетическим уровнем («дыркой») Антиэлектрон (предсказанный Дираком в 1931 г.) назвали позитроном и открыли экспериментально в 1932 г. (американский ученый К. Андерсон, получивший за это в 1936 г. Нобелевскую премию). Позднее установили, что все элементарные частицы имеют античастицы. Итак, из современного представления о физическом вакууме автоматически следует неизбежность существования в природе помимо частиц их двойников – античастиц (см. с. 10).

Из рисунка 2.8,а видно, что встреча электрона со свободным квантовым состоянием (дыркой) завершается переходом типа I, что называют аннигиляцией – взаимным уничтожением электрона и дырки. При этом выделяется энергия, равная или большая $2mc^2$. Ее носителем может оказаться γ -квант электромагнитного излучения. И это предсказание современной теории вакуума также было подтверждено экспериментально.

Известно, что любая квантовая система (в отличие от классической) не может быть переведена в «обездвиженное» состояние, в состоянии с энергией, равной нулю. В состоянии с наименьшей энергией в ней продолжают так называемые нулевые колебания. Они, воздействуя на электроны с отрицательной энергией, могут переводить их в состояния с положительной энергией по схеме II (рис. 2.8,б). Возникают электрон и его античастицы (позитрон). На возникновение частицы и античастицы расходуется энергия порядка $\Delta W = 2mc^2$, что больше средней энергии нулевых колебаний. Следовательно, (согласно соотношению неопределенности $\Delta\tau \cdot \Delta W \geq \frac{h}{4\pi}$) возникшая пара частиц может существовать

лишь в течение крайне малого времени $\Delta\tau = \frac{h}{4\pi\Delta W} \approx 10^{-21} \text{ с}$ и поэтому экспериментально необнаружимы. Такие частицы называются

виртуальными. Следовательно, в электронно-позитронном вакууме непрерывно, в неограниченном количестве и спонтанно возникают виртуальные электроны и позитроны. Сами по себе они непосредственно необнаружимы, однако непрерывно воздействуют на реальные частицы и на атомы.

Теория предсказывает, что, воздействуя на атомы, виртуальные частицы изменяют частоты их электромагнитного излучения, т.е. атомный спектр. В наибольшей степени сдвигаются спектральные линии излучения самого легкого атома – атома водорода. Для одной из спектральных линий атома водорода теоретический расчет (с учетом влияния виртуальных электронно-позитронных пар) дал частоту $\nu_T = 1057,864$ МГц. В экспериментах, проведенных в 1947 г. американским физиком У. Лэмбом, найдено, что $\nu_{\text{Э}} = 1057,862$ МГц. Полученное совпадение (с точностью порядка 10^{-5} %) продемонстрировало высокую предсказательную силу современной теории вакуума. За этот результат У. Лэмб получил Нобелевскую премию (1955 г.).

Виртуальные частицы влияют также на магнитный момент электрона. Магнитный момент частиц принято оценивать величиной, которая называется магнитным фактором «g»; g-фактор – это магнитный момент

частицы, выраженный в магнетонах Бора $\mu_B = \frac{e\hbar}{2mc}$, отнесенный к

спиновому моменту, выраженному в единицах \hbar ($\hbar = \frac{h}{2\pi}$). Для электрона

согласно классической электродинамики $g/2 = 1$. Эксперимент дает $g/2 = 1,00115965240$. Это расхождение классической теории с экспериментом отлично объясняется квантовой электродинамикой (КЭД), которая учитывает влияние виртуальных электронов и позитронов, взаимодействующих с рассматриваемым реальным электроном. Из КЭД следует, что $g/2 = 1,00115965238$. Таким образом, теоретический результат совпал с экспериментальным с точностью до $10^{-9}\%$. Это убедительно демонстрирует состоятельность современной теории физического вакуума. Отметим, что приведенный теоретический результат получен в 1981 г. с помощью самых мощных ЭВМ того времени, причем учтено 800 слагаемых, отражающих участие в воздействии на рассматриваемый реальный электрон все более сложных комбинаций окружающих его виртуальных электронов и позитронов.

Современные представления о вакууме вскрывают также механизм 4-х фундаментальных сил. Все эти силы оказываются обменными. При взаимодействии двух реальных частиц они непрерывно обмениваются частицами – квантами взаимодействия. Все частицы – переносчики взаимодействия являются виртуальными. Для электромагнитного взаимодействия это, например, виртуальные фотоны.

По относительному «объему» физический вакуум «занимает» во Вселенной почти все пространство; вещества в этом объеме менее $10^{-50}\%$. Из всех частиц число реальных составляет ничтожно малую долю, остальное – виртуальные частицы. Таким образом, вакуум – основа окружающего нас мира, основная форма материи.

Итак, физический вакуум – везде присутствующая сложная материальная динамическая квантовомеханическая система, для которой характерны непрерывные (нулевые) колебания и связанные с ними постоянно возникающие и исчезающие виртуальные частицы и античастицы, порождающие реальные частицы, влияющие на их взаимодействия и на свойства частиц и атомов.

Никакие процессы микромира не могут быть поняты без учета влияния на них вакуума.

Никакая строгая теория возникновения и эволюции Вселенной не может быть построена без учета свойств и роли вакуума.

Вакуум – единая квантово-механическая система. Поэтому и вся Вселенная единая целостная система.

2.7. Пространство и время

Изложенное в предыдущих параграфах показывает, что окружающий нас мир от вакуума до метagalактики «населен» необозримым количеством различных непрерывно движущихся и взаимодействующих тел. Несмотря на необозримую и хаотизированность системы тел, образующих нашу Вселенную, в этой системе имеют место выявляемые наукой упорядоченности.

С одной из них мы уже познакомились – это упорядоченность по признаку иерархичности – наличие однозначной иерархической взаимосвязи между всеми материальными структурами Вселенной (рис. 2.6 и 2.7).

Имеются и другие виды упорядоченности в окружающем нас мире. Две из них имеют фундаментальное значение для всех наук. Это пространственная и временная упорядоченности тел и событий. Им соответствуют в науке понятия «пространство» и «время». Введение таких понятий явилось отражением в науке субъективных представлений человека о пространстве и времени. Понятие пространства позволяет описывать порядок сосуществования материальных объектов по признакам «слева-справа», «дальше-ближе», «сверху-снизу», «больше по размерам – меньше» и связано с невозможностью полного совмещения вещественных тел. Понятие времени выражает порядок смены событий по признаку «раньше-позже». Пространство и время органически связаны с материей и самостоятельного обособленного от материи существования иметь не могут. Основы такого взгляда на пространство и время заложил в IV в. до н.э. Аристотель и в XVII в. развил Лейбниц. Дальнейшее углубление этого представления о пространстве и времени осуществил Эйнштейн в теории относительности.

Иное представление о пространстве опирается на идеи Демокрита (V в. до н.э.). По Демокриту пространство существует само по себе, независимо от материи и является «вместилищем» тел. Оно может быть заполнено телами, а может быть пустым в виде особого реального объекта. Ньютон развил эту идею до четкого представления об абсолютном пространстве и абсолютном времени, независимых друг от друга и не связанных с материей. С точки зрения современной физики такое представление неверно, но тем не менее вполне может быть использовано в узких рамках ньютоновской механики.

В современной физике строго доказано, что пространство и время неразрывно связаны между собой, т.е. составляют единое четырехмерное

пространство-время. Это доказательство осуществлено Эйнштейном в рамках специальной теории относительности. В общей теории относительности установлена связь геометрических свойств (метрики) пространства-времени с материей. Вблизи тяготеющих масс пространство-время «искривляется» и уже не является привычным для нас, используемым в классической физике (так называемым евклидовым).

Установлено, что пространство и время обладают тремя фундаментальными свойствами – тремя видами симметрии: время однородно, а пространство однородно и изотропно.

Изотропность пространства означает, что в любых направлениях его свойства абсолютно одинаковы (т.е. пространство обладает симметрией относительно операции поворота). Однородность пространства (симметрия относительно операции сдвига, перемещения) означает одинаковость свойств пространства в различных его точках. Аналогичная симметрия времени относительно «сдвига» (выбора момента начала отсчета времени) отражает одинаковость его свойств в прошлом, настоящем и будущем. Эти свойства пространства и времени проявляются в неизменности законов природы в различных направлениях и местах во Вселенной и в различные моменты времени. Кроме того, однородность времени связана с законом сохранения энергии; однородность пространства – с законом сохранения импульса; изотропность пространства – с законом сохранения момента импульса.

Описанные представления согласуются с предположением, что пространство и время образуют непрерывные континуумы, т.е. не дискретны. Пространство описывается непрерывными значениями координат x, y, z , а время непрерывной переменной t . Такое утверждение справедливо в чрезвычайно широком диапазоне изменений переменных, охватывающем мир от размеров элементарных частиц до Вселенной и временные интервалы от 10^{-43} с до $\sim 15 \cdot 10^9$ лет. В отличие от этого материя проявляет как непрерывные, так и корпускулярные свойства. Добавим, что представление о дискретности пространства-времени в современном естествознании все-таки существует, но оно возникло в связи с объяснением самых ранних этапов эволюции Вселенной – ранее 10^{-43} с.

2.8. Контрольные вопросы

- 1. Что мы понимаем под Вселенной?*
- 2. С какими размерами, массами, энергиями, временами мы встречаемся в природе?*
- 3. Укажите масштабы тех же величин для непосредственного окружения человека (для «зоны жизни»).*
- 4. В каких диапазонах может воспринимать человек внешние воздействия своими органами чувств?*
- 5. Что такое материя?*
- 6. Какие три материальные сущности лежат в основе окружающего мира?*
- 7. Какие типы взаимодействий в природе относятся к фундаментальным?*
- 8. Почему Вселенную можно считать единой целостной системой?*

9. В чем проявляется самоподобие Вселенной во всех ее частях?
10. Охарактеризуйте основную направленность эволюции Вселенной.
11. Какие виды упорядоченности материальных структур окружающего нас мира Вы знаете?
12. Перечислите материальные объекты иерархической системы структур в неорганическом мире.
13. Вспомните иерархию материальных структур для живого мира.
14. Какими особенностями обладает иерархическая система материальных структур?
15. Какие науки связаны с изучением различных материальных структур?
16. Дайте сравнительную характеристику материальных структур, относящихся к микро-, макро- и мегамиру соответственно.
17. Обрисуйте связи между микро-, макро- и мегамирами.
18. Как связаны субъективные проявления живого и мыслящего с материей?
19. По каким признакам материя разделяется на две формы: вещество и поле?
20. Назовите основные физические величины, характеризующие поля.
21. В чем проявляется корпускулярно-волновой дуализм в природе?
22. Приведите примеры проявления волновых свойств частиц.
23. Как связаны физический вакуум и поля?
24. Какие частицы относятся к элементарным?
25. На какие группы и по каким признакам можно разделить элементарные частицы?
26. Какие характеристики элементарных частиц Вы знаете?
27. Как делятся элементарные частицы на частицы и античастицы?
28. Как делятся частицы на фермионы и бозоны?
29. Перечислите и опишите фундаментальные взаимодействия.
30. Что Вы знаете о кварках?
31. Какие частицы называются нуклонами? Какова их роль в природе?
32. Что такое эфир? Связь этого понятия с понятием «физический вакуум».
33. Почему модель эфира оказалась несостоятельной?
34. Что такое «Море Дирака»?
35. Как объясняет современная теория вакуума происхождение античастиц и их аннигиляцию с частицами?
36. Поясните акт превращения γ -кванта в пару «частица-античастица».
37. В чем особенности виртуальных частиц? Как они проявляются?
38. Какие виды упорядоченности материальных систем и процессов отражают понятие «время» и «пространство»?
39. Представление о пространстве по Демокриту и Ньютону.
40. Представление о пространстве и времени по Аристотелю-Лейбницу-Эйнштейну.

ЛЕКЦИЯ 3. ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ (ДО ЭРЫ ВЕЩЕСТВА)

3.1. Истоки идей об изменчивости неживой природы

Длительное время Вселенная в целом считалась неизменной. В религиях и ранних донаучных построениях рассматриваются лишь варианты ее творения. Считалось, что после сотворения Вселенная неизменна, вечна.

Однако внимательный наблюдатель мог заметить различные движения и изменения на Земле и на небе, например, движение небесных тел, изменение русел рек, климатические изменения и т.д. На основе подобных наблюдений возникли зачатки гипотезы об эволюции неживой природы. Так Р. Декарт (1596-1650 гг.) утверждал, что природа материальных тел более доступна для понимания, если учитывать их постепенное видоизменение, чем в предположении, что они появились раз и навсегда готовыми и неизменными. М.В. Ломоносов (1711-1765 гг.) считал, что даже «главнейшие, величайшие тела мира, планеты и самые неподвижные звезды изменяются». И. Кант (1724-1804 гг.) создал космологическую гипотезу, в которой возникновение и эволюция планетной системы выводится из первоначальной «туманности», содержащей хаотически движущиеся частицы. Движение частиц постепенно упорядочивалось таким образом, что возникли планеты, вращающиеся вокруг Солнца. Похожую идею развивал и П. Лаплас (1749-1827 гг.).

Еще явственнее видны изменения в живом. Эти изменения были положены в основу эволюционной теории развития биологических видов английским естествоиспытателем Дарвиным. (Ч. Дарвин. «Происхождение видов путем естественного отбора» – 1859 г.). Теория Дарвина подтверждена исследователями многих поколений палеонтологов. Эти исследования показали, что за все время эволюции жизни на Земле прошло, сменяя друг друга, около $500 \cdot 10^6$ видов различных организмов.

В 1996 г. Папа Римский Иоанн Павел II в своем Апостольском послании членам папской Академии наук, собравшимся на ее 60-ю сессию, признал эволюционную теорию развития биологических видов. Божьему промыслу он оставил только акт сотворения мира и зарождение души человека. Бог как движущая сила эволюции исчез, остался только Бог-творец.

Идея эволюции биологических систем сама по себе не привела к эволюционной теории в науках о неживом. Даже через 60 лет после выхода основополагающего труда Дарвина (1859 г.) Вселенная считалась неизменной. Уже были построены основы общей теории относительности, позволявшей установить нестационарность Вселенной (А. Эйнштейн). Однако из своей теории Эйнштейн (1919) сделал вывод о неизменности, стационарности Вселенной. Этот результат Эйнштейна представлен прямой, параллельной оси абсцисс на рис. 3.1.

Согласно теории Эйнштейна Вселенная трехмерна, стационарна и представляет собой сферу, радиус которой $R = R_0$ не зависит от времени t (см. рис. 3.1, прямая 1).

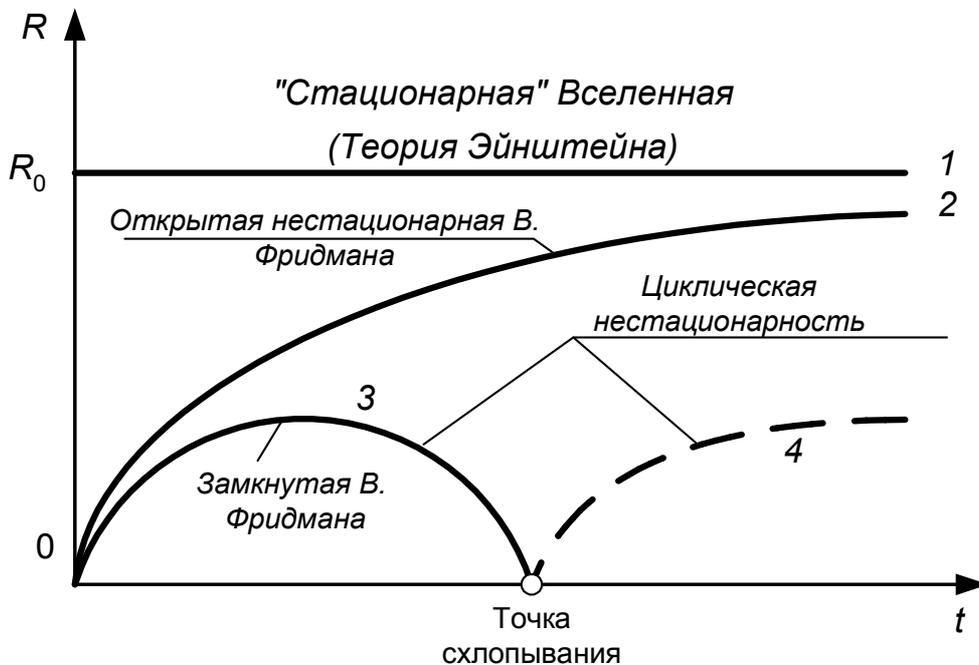


Рис. 3.1. Графическая интерпретация различных представлений об эволюции Вселенной как целого

3.2. Первые научные данные о нестационарности Вселенной

Основы «правильной» теории эволюции Вселенной заложил ленинградский ученый, работавший в области гидродинамики, динамической метеорологии, релятивистской космологии Александр Александрович Фридман. В 1922 г. Фридман, получив нестационарное решение гравитационного уравнения Эйнштейна, впервые доказав возможность существования нестационарной (расширяющейся) Вселенной (кривые 2 и 3 на рис. 3.1).

В 1929 г. этот вывод был подтвержден американским астрономом Э. Хабблом, обнаружившим «красное смещение» спектральных линий в излучениях окружающих нас галактик. Красное смещение объясняется на основе эффекта Доплера в предположении, что галактики разбегаются от нас со скоростями $v = Hr$ (закон Хаббла), где r — расстояние до галактики, H — постоянная Хаббла. Отношение r/v позволяет установить, как давно начали разбегаться галактики, то есть когда возникла наша Вселенная. Расчеты показали, что возраст Вселенной равен примерно 15 млрд. лет (по последним данным 13,7 млрд. лет).

3.3. Элементы теории инфляции и теории Большого взрыва

Теория Фридмана правильно отразив сам факт эволюции Вселенной, нуждалась в таком развитии, чтобы превратиться из математической теории в физическую, способную отвечать на вопросы наблюдательной астрономии, например, почему вещество распределено во Вселенной однородно в космических масштабах и неоднородно в малых масштабах; почему преобладает вещество, а антивещество практически не обнаруживается; чем объясняется сложившаяся распространенность во Вселенной фотонов,

электронов, протонов, а также водорода (~75%), гелия (~25%), тяжелых элементов (~1%); как возникли иерархические структуры материи; каково происхождение заполняющего всю Вселенную практически однородного и изотропного микроволнового электромагнитного излучения, которое соответствует ЗК (реликтовое излучение)? и т.д.

Основы современной физической теории эволюции Вселенной создал Гамов Георгий Антонович (1946-48 годы), американский ученый российского происхождения. Эта теория называется теорией Большого взрыва (или теорией горячей Вселенной).

Теория Большого взрыва, убедительно объясняя эволюцию Вселенной, начиная с 10^{-35} секунды после ее возникновения, нуждается в коррекции для более раннего периода. Теории, описывающие эволюцию Вселенной ранее 10^{-35} с еще не завершены. Тем не менее одна из них особенно хорошо согласуется с теорией Большого взрыва и считается перспективной. Это так называемая теория инфляции (теория раздувания Вселенной).

Теория инфляции дает объяснение событиям, происходившим в период от 10^{-43} с до 10^{-35} с, исходя из предположения, что ранее 10^{-43} с вакуум находился в особом состоянии, называемым «ложным» вакуумом. Он обладает ненулевой плотностью энергии, метастабилен и может самопроизвольно переходить в обычный вакуум. Самопроизвольному переходу ложного вакуума в обычный препятствует «потенциальный барьер», и переход происходит за счет туннельного эффекта в отдельных частях ложного вакуума (рис. 3.2). Благодаря случайному туннельному «просачиванию» в среде ложного вакуума возникают состояния обычного вакуума в виде отдельных областей, называемых пузырями. Один из таких пузырей и явился зародышем нашей Вселенной; из других возникли другие вселенные, не связанные с нашей причинно-следственными связями и поэтому для нас ненаблюдаемые. С момента образования нашей Вселенной (10^{-35} с) ее развитие происходит по сценарию теории Большого взрыва.

Таким образом, теория инфляции сняла стоявший перед теорией Большого взрыва вопрос «Что было до 10^{-35} с?» и выявила процессы, которые естественным путем перешли после 10^{-35} с в относительно надежно изученную стадию эволюции Вселенной. Кроме того, теория инфляции подвела науку к грани (10^{-43} с), за которой, по-видимому, все фундаментальные взаимодействия проявлялись в виде одного, объединенного взаимодействия – Суперсилы.

Сочетание инфляционной модели и модели Большого взрыва оказалось столь эффективным, что обобщенную модель эволюции Вселенной назвали стандартной космологической моделью.

Итак, в момент 10^{-43} с из вакуума начала образовываться наша Вселенная. При переходе ложного вакуума, обладавшего плотностью энергии, большей нуля, в обычный – с нулевой плотностью энергии выделяющаяся энергия привела к разогреванию материи до $T = 10^{32}$ К. Поэтому в основу теории Большого взрыва положена модель горячей Вселенной. Из-за очень быстрого расширения на стадии раздувания Вселенной процесс не мог протекать равновесно. Неизбежные флуктуации привели к небольшим (~0,001 %) первичным неоднородностям в распределении материи и излучения в пределах «нашего пузыря». Эти

неоднородности преобразовались в течение последующей длительной эволюции в галактики и другие крупномасштабные скопления материи. Поэтому Вселенная локально неоднородна, а реликтовое излучение (см. ниже) не обладает строгой однородностью и изотропностью. С другой стороны, нет причин, по которым первичные неоднородности в «нашем пузыре» могли бы образовываться в избытке в каких-то отдельных частях или вдоль некоторых направлений. Поэтому Вселенная в больших своих фрагментах однородна и изотропна. Условия образования Вселенной из «нашего пузыря» во всех его частях были одинаковы. Поэтому для нашей Вселенной справедлив космологический принцип – во всех частях Вселенной все явления и процессы подчиняются единым законам. Это не исключает иных сценариев эволюции вселенных, образовавшихся из других «пузырей».

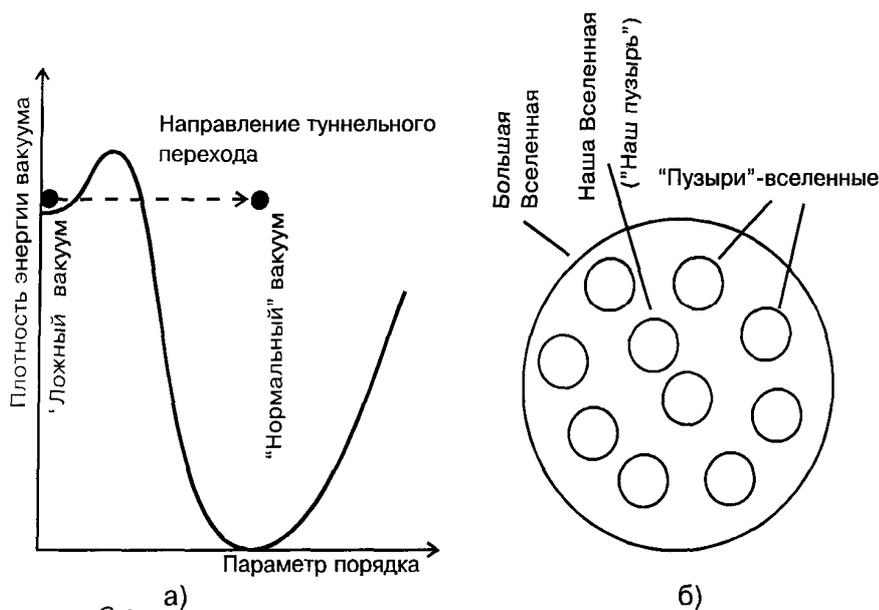


Рис. 3.2. Плотность энергии вакуума в возбужденном, («ложном») и нормальном состояниях (а) и совокупность «пузырей» (вселенных), возникших на стадии инфляции (б)

Теории, описывающие ранние стадии эволюции оперируют многомерными пространствами, что не может быть иллюстрировано наглядно на двумерных рисунках. На таких рисунках обычно приводят лишь весьма условные схемы.

На рис. 3.2,а изображена зависимость плотности энергии вакуума от параметра, характеризующего состояние вакуума. Жирные точки на этом рисунке символизируют состояние «ложного» и нормального вакуума. Пунктирной стрелкой указано направление туннельного перехода ложного вакуума в состояние нормального в период инфляции. На рис. 3.2,б показан результат такого перехода с образованием множества островков («пузырей») нормального вакуума в среде «ложного» вакуума.

До момента инфляции существовал, по-видимому, только один тип фундаментального взаимодействия – Суперсила. На ранних этапах эволюции Вселенной произошло его разъединение на современные четыре фундаментальных взаимодействия. Непосредственно до 10^{-43} с отделилась гравитация. Остальные три фундаментальных взаимодействия еще оставались объединенными. Вместе они называются Великим объединением. За счет энергии перехода из «ложного» вакуума в обычный Вселенная

оказалась нагретой до 10^{32} К, а за счет дальнейшего быстрого адиабатического расширения охладилась к концу инфляции ($10^{-36} - 10^{-35}$ с) до 10^{28} К. Затем расширение замедлилось и стало соответствовать теории Большого взрыва Г. Гамова.

В период с 10^{-43} до 10^{-35} с материя существовала в виде излучения и сверхгорячей плазмы из множества различных рождающихся и аннигилирующих частиц и античастиц. Для эволюции нашей Вселенной оказалось важным то, что число частиц и античастиц различалось примерно на 10^{-7} % в пользу частиц. Поэтому в процессе последующей аннигиляции античастицы исчезли полностью. Весьма малый (10^{-7} %) остаток вещества образует нашу современную Вселенную. Следовательно, наличие обычного для нас мира выступает как мелкая «оплошность» природы, которая «не смогла» сбалансировать процессы с абсолютной точностью. В противном случае Вселенная состояла бы лишь из виртуальных частиц (вакуума), излучения и нейтрино; звезды, планеты, галактики, а следовательно, и условия для возникновения жизни не могли бы возникнуть.

В период завершения инфляции ($10^{-36} - 10^{-35}$ с) при температуре 10^{28} К от Великого объединения отделилось ядерное взаимодействие и стали проявляться уже три фундаментальных взаимодействия: гравитационное, ядерное и электрослабое, объединяющее слабое и электромагнитное. Примерно через 10^{-10} секунды электрослабое взаимодействие распалось на слабое и электромагнитное; с этого момента и до наших дней в природе проявляются четыре фундаментальных взаимодействия.

Весь период между 10^{-35} и $0,0001$ с, характеризующийся уменьшением температуры от 10^{28} до 10^{12} К называют эрой адронов. Именно к концу этой эры кварки окончательно объединились в «обычные» для нас частицы – адроны (барионы и мезоны), и возникли частицы, из которых построены ядра атомов – нуклоны (протоны и нейтроны). Кроме кварков в эру адронов возникли и лептоны (электроны и позитроны). Однако температуры еще столь высоки, что нуклоны не способны, объединившись, создавать устойчивые ядра, а протоны не могут удерживать вблизи себя электроны, создавая атомы водорода.

В период 10^{-4} с – 300 с Вселенная остывает до 10^9 К. Основную роль в эту эпоху играют лептоны: электроны, позитроны, нейтрино (это – эра лептонов). Завершается аннигиляция электронов и позитронов с избытком электронов, который определяет их количество во Вселенной в наше время ($\sim 10^{80}$). С участием лептонов происходят реакции между протонами и нейтронами, в результате которых отношение числа нейтронов к числу протонов приближается к 15 %.

Далее наступает эра фотонов длительностью от 300 с до 10^6 лет. Температура убывает от 10^9 К до 4000 К. Так как уже прошли все процессы аннигиляции частиц и античастиц с выделением излучения (фотонов), то в этот период основная энергия материи во Вселенной приходится на фотоны.

При охлаждении Вселенной до $\sim 10^9$ К (к моменту ~ 300 с) возникли условия, при которых за счет объединения протонов и нейтронов стали образовываться ядра изотопов водорода и гелия (например, 2_1D , 3_2He , 4_2He). До момента 10000 лет нейтроны были израсходованы полностью на

образование гелия (~25 %). Оставшиеся протоны превратились в ядра водорода (~75 %). Примерно это же соотношение между содержанием водорода и гелия во Вселенной сохранилось и в наше время.

После образования ядер легких элементов (~300 с) вещество еще длительное время (~ 10^6 лет) представляло собой плазму. Высокая температура не позволяла образовываться нейтральным атомам. После снижения температуры до ~ 4000 К электроны стали удерживаться вблизи ядер, образуя атомы водорода и гелия. Активность взаимодействия фотонов с веществом резко ослабла. Произошло разделение вещества и излучения. «Отделившееся» от вещества излучение стало распространяться во Вселенной свободно, продолжая «охлаждаться» по мере расширения Вселенной, и охладилось к настоящему времени примерно до 3 К, что соответствует микроволновому радиоизлучению. Это излучение называется реликтовым.

Исчезнувшее антивещество оставило после себя след, который хорошо изучен астрономами. Это упоминавшееся уже реликтовое излучение. Фотонов этого излучения столько же, сколько аннигилировавших пар «частица-античастица», то есть в 10^9 раз больше остатка частиц вещества (электронов и протонов). Современные измерения интенсивности реликтового излучения подтверждают это соотношение.

Через 10^6 лет после начала эволюции Вселенной наступила эра звезд (или эра вещества), продолжающаяся и в наше время.

Ввиду важности современных представлений об эволюции Вселенной обсудим этот вопрос еще раз, используя условную схему эволюции, фиксирующую внимание на основных ее этапах (см. рис. 3.3). На этой схеме по оси ординат отложено время t (от момента зарождения Вселенной) сначала в секундах, а затем в годах вплоть до настоящего времени (~ 15 млрд. лет). Масштаб искажен таким образом, чтобы было удобно описывать различные этапы эволюции. По оси абсцисс откладывается (от точки «0» вправо и влево) радиус Вселенной R (в метрах) на различных этапах эволюции. Взаимное соответствие временных и геометрических характеристик выдерживается только для момента возникновения ($R = 0$) и настоящего момента ($R \approx 10^{26}$ м); сплошные кривые, соединяющие начальный и конечный размеры Вселенной, произвольны и лишь условно отображают ее постоянное расширение. Временной уровень AA' соответствует современному периоду существования Вселенной, а жирная стрелка на прямой AA' указывает направление увеличения константы взаимодействия, характеризующей относительную «силу» фундаментальных взаимодействий. Например, электромагнитные силы (константа взаимодействия 10^{-2}), лежащие в основе электротехнических специальностей, значительно «сильнее» гравитационного (10^{-39}) и «слабее» ядерного (10). Вдоль левой вертикальной пунктирной прямой отложены значения температуры, которую Вселенная имела в соответствующие моменты своей эволюции.

Рассмотрим с использованием схемы рис. 3.3 основные этапы эволюции Вселенной. Для периода, начинающегося с 10^{-35} с, теория эволюции Вселенной довольно хорошо отработана, общепризнанна, широко и плодотворно используется в дальнейших исследованиях мега- и макромира

и постоянно приумножает наши знания о природе, которые находят применения и в практической деятельности человека. Это теория Большого взрыва. Как указывалось ранее из теорий, более ранней стадии развитие Вселенной наиболее перспективной считается теория инфляции. В теории инфляции возникновение Вселенной связывают с физическими процессами, происходящими в вакууме. Следовательно, эта теория смыкает процессы в микро- и мегамирах. По современным представлениям вакуум – сложная квантово-механическая система, заполненная постоянно рождающимися и исчезающими (виртуальными) частицами, которая при определенных условиях порождает не только реальные микрочастицы, но и мегаобъекты, подобные нашей Вселенной.

Наша Вселенная возникла из первоначально чрезвычайно малого объема (точка «0» на рис. 3.3) примерно 15 млрд. лет назад и стала очень быстро расширяться. Этот период в истории Вселенной называется эрой инфляции. Вопросительные знаки на рис. 3.3 (внизу) отражают отсутствие для этого периода эволюции общепринятой теории. Весьма вероятно, что до эры инфляции существовал лишь один вид объединенного фундаментального взаимодействия между многочисленными частицами, заполнявшими Вселенную. Это взаимодействие названо Суперсилой. К моменту $10^{-43}c$ от Суперсилы отделилась гравитация – левая пунктирная кривая на рис. 3.3. Гравитация существует в качестве отдельной фундаментальной силы и в наше время (крайняя слева точка на прямой AA'). Оставшееся взаимодействие (Великое объединение) включает ядерное, электромагнитное и слабое. В момент $10^{-35}c$ закончился период инфляции; расширение замедлилось, начался период, описываемый теорией Большого взрыва. Великое объединение к моменту $10^{-35}c$ разделилось на сильное (ядерное) взаимодействие и на электрослабое. Ядерное взаимодействие существует и в наше время (крайняя справа точка на прямой AA'). К моменту $10^{-10}c$ электрослабое взаимодействие распалось на слабое и электромагнитное, «дожившие» до наших дней.

Итак, в процессе эволюции Вселенной единое взаимодействие (Суперсила) распалось к нашему времени на четыре фундаментальных взаимодействия. Слабое взаимодействие пока не находит использования в технике. Однако оно играет большую роль при взрывах звезд («взрыв сверхновых»), в процессе которых образуются тяжелые элементы таблицы Менделеева, что определило в конечном итоге возможность возникновения жизни.

Все силы, учитываемые в инженерном деле, сводятся к трем фундаментальным видам взаимодействия: гравитационному, электромагнитному и ядерному. Универсальность фундаментальных сил, используемых в практической деятельности человека, – одна из основ естественнонаучного единства фундаментальных и инженерных дисциплин.

В эру инфляции (10^{-43} - $10^{-35}c$) возникла первопричина появления в будущем всего вещественного, включая нас и того, что используется в технике. В ту эру (см. рис. 3.3) при температурах 10^{32} – 10^{28} К материя существовала в виде излучения, элементарных частиц и античастиц. Как указывалось ранее, античастиц оказалось на 10^{-7} % меньше, чем частиц. На последующих стадиях эволюции частицы и античастицы аннигилировали,

превращаясь в излучение. Однако из-за «недостатка» античастиц некоторая часть частиц, образовавших позднее вещество, сохранилась до наших дней. Эти частицы лежат в основе всей вещественной природы, а, следовательно, и техники. Античастицы аннигилировали практически полностью. Поэтому антивещества в больших масштабах в природе нет.

Как видно на рис. 3.3, далее (10^{-35} - 10^{-4} с) наступает эра адронов; дальнейшее расширение Вселенной происходит уже в соответствии с теорией Большого взрыва, температура Вселенной убывает от 10^{28} К до 10^{12} К. В конце этой эры кварки объединились в адроны, к которым относятся, в частности, протоны и нейтроны. Так образовались частицы, из которых состоят ядра атомов. Однако в эру адронов объединение нейтронов и протонов в ядра атомов произойти не могло, так как температура еще была слишком высокой ($T > 10^{12}$ К).

В эру лептонов (10^{-4} – 300 с) происходит реакция между протонами и нейтронами, в результате которой отношение числа оставшихся нейтронов к числу протонов стало равным примерно 0,15. К моменту 300 с температура расширяющейся Вселенной упала до 10^9 К, и возникли условия для образования ядер изотопа водорода (2_1D) и гелия (3_2He , 4_2He). Но это уже начало эры фотонов, которая длилась примерно от 300 с до 10^6 лет (рис. 3.3). До момента 10000 лет нейтроны были израсходованы полностью на образование гелия (~25 %). Оставшиеся протоны проявились в дальнейшем как ядра атомов водорода (~75 %). Примерно это же соотношение между содержанием гелия и водорода во Вселенной сохранилось в среднем и в наше время.

После образования ядер легких элементов (~300 с) вещество еще длительное время (~ 10^6 лет) представляло собой плазму. После снижения температуры примерно до 4000 К электроны стали удерживаться вблизи ядер, образуя атомы водорода и гелия. Началась эра вещества (эра звезд), продолжающаяся и сейчас. В эту эру зародилась жизнь.

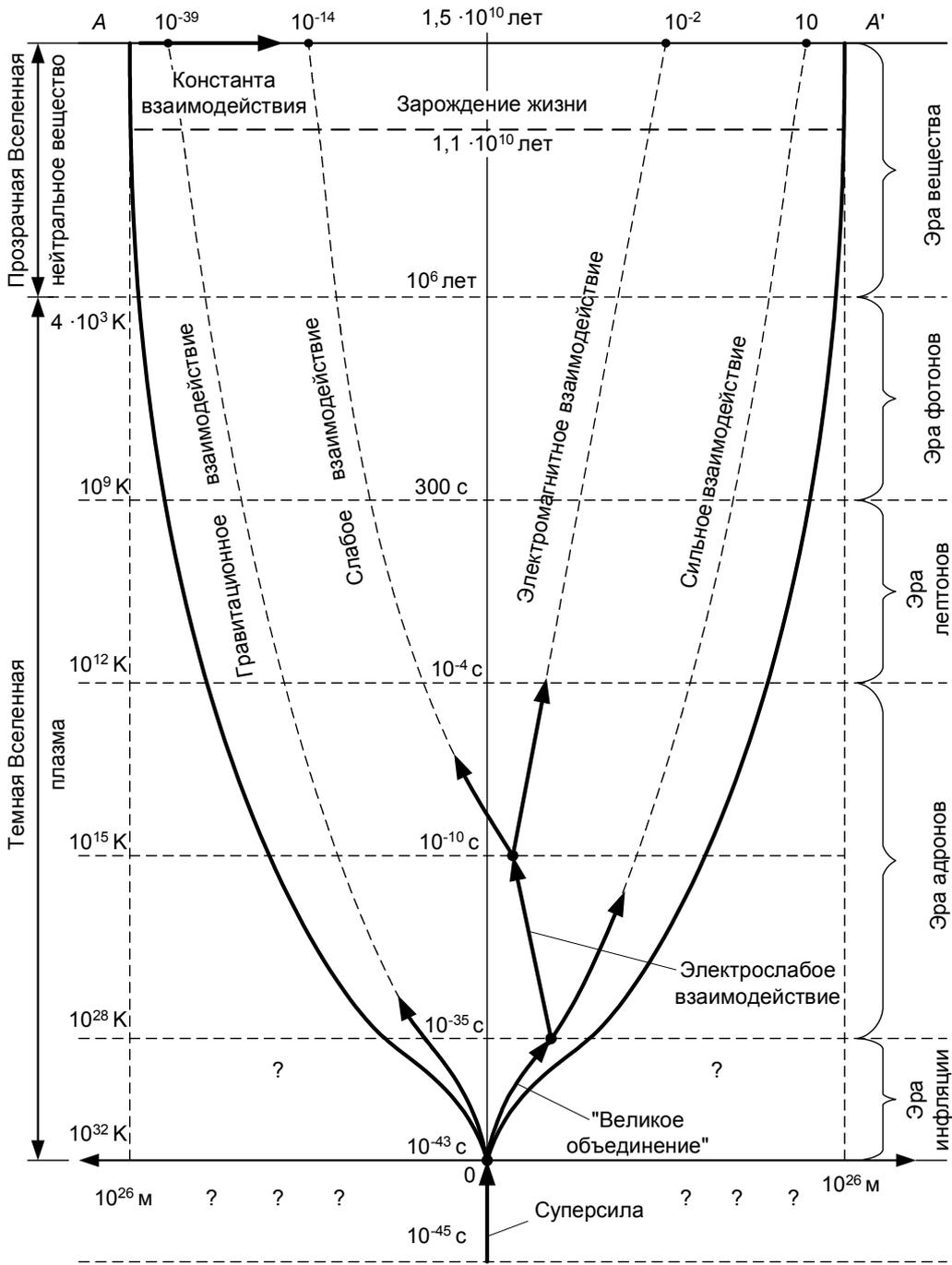


Рис. 3.3

3.4. Контрольные вопросы

1. *Приведите первые предположения об изменчивости природы в неживом (Декарт, Ломоносов, Кант).*
2. *В чем проявляется эволюция в живом мире?*
3. *Охарактеризуйте отношение религии к идее эволюции Вселенной.*
4. *Когда и кем был получен первый научный вывод о нестационарности Вселенной?*
5. *В каком дальнейшем развитии нуждалась теория Фридмана после ее возникновения?*
6. *Кто и когда заложил основы теории Большого взрыва?*
7. *В чем основные идеи теории Большого взрыва?*
8. *Как связаны между собой теория инфляции и теория Большого взрыва?*
9. *В чем основные идеи инфляционной теории зарождения Вселенной?*
10. *Почему первоначальная температура возникшей Вселенной оказалась чрезвычайно высокой и стала снижаться при расширении Вселенной?*
11. *Как возникли первоначальные малые неоднородности вещества и излучения во Вселенной?*
12. *Почему Вселенная однородна в глобальных масштабах?*
13. *Охарактеризуйте разрабатываемую современной наукой последовательность объединения четырех фундаментальных сил в единую силу. В чем истоки единства законов, которым подчиняется природа?*
14. *Охарактеризуйте эру инфляции.*
15. *Охарактеризуйте эру адронов.*
16. *Охарактеризуйте эру лептонов.*
17. *Охарактеризуйте эру фотонов.*
18. *Охарактеризуйте эру вещества.*
19. *Опишите последовательность основных этапов (эр) эволюции Вселенной с помощью единой схемы.*
20. *Какие из фундаментальных сил находят непосредственное применение в различных областях техники?*

ЛЕКЦИЯ 4. ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ (ЭРА ВЕЩЕСТВА)

4.1. Возникновение и эволюция галактик

После эры фотонов, когда практически закончились все рекомбинационные процессы (10^6 лет), начинается эра вещества, продолжающаяся до наших дней. Расширение Вселенной сопровождается уменьшением температуры по закону $T = AR^{-2}$ от ~ 4000 К до примерно $0,01$ К (к нашему времени). В начале эры вещества Вселенная была заполнена излучением, потоками нейтрино, а также газом из смеси водорода (~ 75 %) и гелия (~ 25 %). В газовой среде имелись слабые неоднородности плотности, образовавшиеся еще в эру инфляции. Если фрагмент космического газа в каком-либо локальном объеме приобретал массу равную или большую так называемой массы Джинса (Дж. Джинс, 1902), то газ в этом объеме начинал неограниченно сжиматься, т.е. возникала гравитационная неустойчивость. Джинсова масса зависит от температуры (T) и плотности среды ρ ($M = A\rho^{-0,5} \cdot T^{1,5}$), где A – коэффициент пропорциональности.

Гравитационная неустойчивость возникает тогда, когда гравитационные силы в данном объеме газа начинают преобладать над слабым давлением космического газа, плотность которого весьма мала. Распределение газовой смеси первичного водорода и гелия в области появления гравитационной неустойчивости становилось все более неоднородным. В конечном итоге во Вселенной возникли блиноподобные сгущения (размером до $10^{14} M_{\odot}$, где $M_{\odot} \approx 2 \cdot 10^{30}$ кг – масса Солнца) и «пустоты», разделенные «перемычками», соединяющими сгущения.

Аналогичным образом гравитационная неустойчивость проявляется и в пределах отдельных сгущений. Все газовые сгущения постепенно разбиваются на фрагменты – галактики. С этого времени первичные газовые сгущения предстают перед нами как скопления (системы) галактик.

Гравитационная фрагментация галактик привела к их распаду на еще меньшие компактные образования – звезды. Следует отметить, что еще однозначно не установлено, реализовался ли в действительности описанный выше сценарий или процесс фрагментации вещества протекал в обратном направлении, т.е. сначала образовались звезды, а затем они сконцентрировались в галактики, а те – в скопления галактик.

Однако итог один и тот же: Вселенная состоит из четко ограниченных, гравитационно связанных звездных систем – галактик. Каждая из них содержит от миллионов до десятков тысяч миллиардов звезд. Известно более десяти миллиардов галактик. Несколько тысяч наиболее ярких галактик изучено довольно хорошо. По геометрическим признакам изученные галактики делятся на 3 основных типа: E (эллиптические), S (спиральные) и Ir (неправильные). Подтипов (классов) галактик значительно больше. Эллиптические галактики имеют форму эллипсоида той или иной степени сплюснутости с плавным уменьшением светимости от центра к периферии. У спиральных галактик имеются спиральные рукава, состоящие из молодых ярких звезд. Неправильные галактики не имеют спиральных рукавов и ядра, сильно уплощены, их светимость нерегулярна.

Результат эволюции галактики определяется тем, на сколько велика ее первичная масса и на сколько велик ее вращательный момент. Галактики с

большим вращательным моментом развились в спиральные галактики различных классов.

Средняя плотность галактик 10^{-23} - 10^{-24} г/см³ (т.е. ~ 1 - 10 атомов в 1 см³), к центру – в 10^2 - 10^3 раза больше. Непосредственно в центре достаточно массивных галактик обнаруживаются черные дыры. Массы различных галактик лежат в пределах от $10^6 M_{\odot}$ до $10^{13} M_{\odot}$ и концентрируются в звездах; масса межзвездной среды составляет от 3 % до 20 % всей массы Галактики.

Межзвездная среда включает: межзвездный газ (H ~ 70 %, He ~ 28 %, другие элементы ~ 2 %); межзвездная пыль (~ 1 % массы среды); космические лучи; все это пронизано гравитационными, электрическими и магнитными полями.

Галактики, звезды и межзвездная среда образуют единую сложную саморазвивающуюся систему. Космические и жесткое электромагнитное излучение ионизируют межзвездный газ (в основном за счет фотоэффекта). Фотоэлектроны и ионизированные остатки, «адсорбируясь» на частичках космической пыли, делают их заряженными. Межзвездная среда становится проводящей. Возникающие электрические и магнитные поля вызывают дополнительное движение этой среды и ускоряют заряженные частицы. Наличие ускорения приводит к синхротронному (жесткому электромагнитному) излучению. Нагреваясь при взаимных соударениях и под воздействием космических лучей и электромагнитного излучения, газ и пыль сами становятся источниками электромагнитного излучения (от γ -излучения до длинноволнового радиоизлучения). Движущиеся звезды изменяют плотность и распределение межзвездной среды, создают в ней крупномасштабные потоки, неоднородности и гидродинамические эффекты. Кроме того, на последних этапах своей эволюции звезды, взрываясь, пополняют межзвездную среду тяжелыми элементами, возникшими в процессе ядерных превращений в их недрах. Такие взрывы называются взрывами сверхновых. Если на месте взрыва сверхновой возникает молодая звезда, то она изначально содержит тяжелые элементы. К таким звездам относится наше Солнце. За счет этого же процесса на Землю попали тяжелые элементы, без которых не могла бы возникнуть жизнь.

Межзвездная среда проявляется в ослаблении и поляризации света, идущего к нам от звезд; в поглощении ряда линий спектра электромагнитного излучения; в радиоизлучении водорода, гелия, молекул; в возникновении лазерного излучения. Лазерное излучение дают молекулы H_2O ($\lambda=1,348$ см), OH ($\lambda \approx 18$ см и менее), SiO ($\lambda \approx 0,7$ см), метиловый спирт CH_3OH ($\lambda \approx 1,2$ см). Квантовые генераторы с микроволновым излучением называются мазерами (MASER – Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Уже обнаружены сотни космических мазеров (в нашей и соседних галактиках). Они обычно образуются вблизи достаточно ярких звезд.

Круговорот вещества во Вселенной проявляется, в частности, в том, что звезды, будучи в стационарных состояниях, непрерывно поглощают межзвездную среду, а взрываясь – ее обогащают. Состав межзвездной среды при этом несколько изменяется (добавляются тяжелые элементы). Звезды нашей Галактики ежегодно «собирают» 10^{28} тонн межзвездной пыли.

Наша Галактика (Млечный путь) изучена наиболее подробно. Она относится к спиральным; содержит $\sim 10^{11}$ звезд. Возраст Галактики 10-15 млрд. лет. Основная часть звезд Галактики концентрируется в объеме дискообразной формы (см. рис. 4.1). В окружающем объеме (Гало) звезд относительно мало; это, как правило, очень старые звезды (10-15 млрд. лет), движущиеся вокруг центра Галактики по хаотически ориентированным очень вытянутым орбитам.

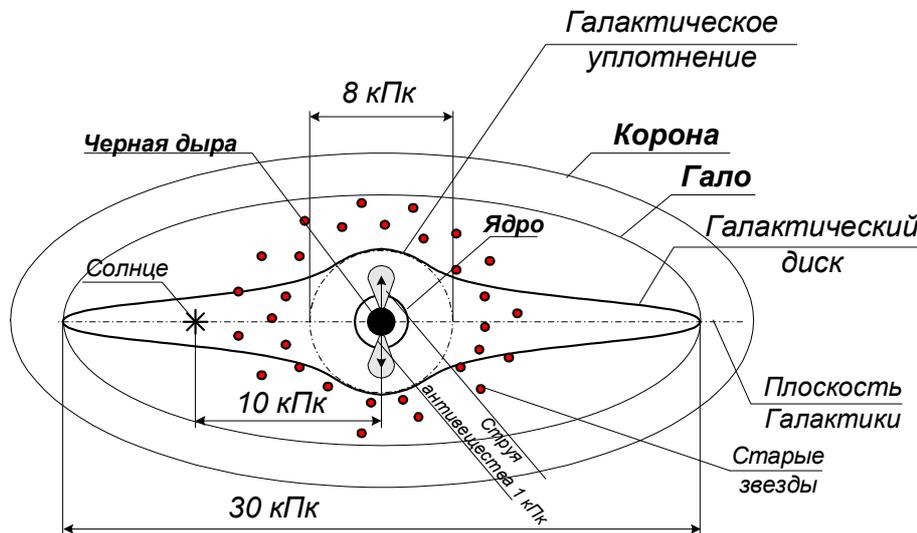


Рис. 4.1. Схематическое представление Галактики (сечение, перпендикулярное ее плоскости)

Предполагается, что в центре Галактики находится черная дыра с массой $\sim 10^6 M_{\odot}$. В 1996 г. зарегистрировано избыточное γ -излучение с энергией квантов $h\nu = 2m_e c^2$, идущее из центра Галактики. Это свидетельствует о генерации центром галактики антивещества. В 1997 г. установлено, что «струя» антивещества диаметром 400 световых лет, направлена перпендикулярно плоскости Галактики и имеет высоту 3000 световых лет. Одной из возможных причин возникновения антивещества является распад материи в условиях чрезвычайно сильного гравитационного поля черной дыры.

Наше Солнце находится в галактической плоскости в рукаве «Орион» на расстоянии примерно 10 кпк от центра Галактики (1 кпк = 1000 пк, 1 пк = 3,26 световых лет = $206265 \text{ а.е.} \approx 3 \cdot 10^{16} \text{ м}$).

4.2. Эволюция звезд

Теория эволюции звезд довольно хорошо разработана. В пределах любой галактики уже на ранней стадии ее эволюции (протогалактика) в объемах с массой, большей массы Джинса, гравитационные силы перестают уравниваться давлением газа и вещество начинает сжиматься. На определенной стадии сжимающаяся область космической среды образует так называемую протозвезду. Ее структура представлена на рис. 4.2.

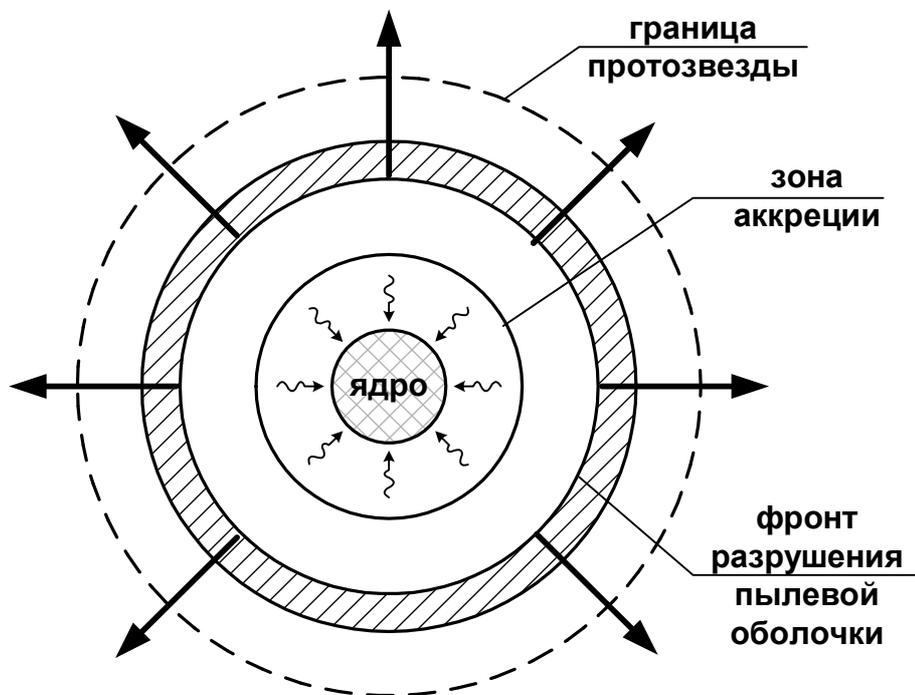


Рис. 4.2. Схема протозвезды (в разрезе)

В центре протозвезды располагается наиболее плотная область – ядро. Ядро непрерывно «собирает» пыль и газ из остальных частей протозвезды. Этот процесс называется аккрецией. На рис. 4.2 аккреция отображается зигзагообразными стрелками. В результате аккреции растет масса ядра, а гравитационное сжатие приводит к увеличению его температуры. Световое давление излучения ядра на верхнюю холодную пылевую оболочку протозвезды возрастает настолько, что в конце концов сбрасывает ее в окружающее пространство. Протозвезда «превращается» в светящийся объект с не изменяющейся больше массой, т.е. превращается в сформировавшуюся звезду.

Сформировавшаяся звезда – гигантский плазменный шар, длительно находящийся в устойчивом состоянии благодаря гидродинамическому и тепловому равновесиям. Тепловое равновесие связано с нагреванием звезды за счет выделения энергии гравитационного сжатия и термоядерных реакций и с остыванием за счет потерь энергии на излучение. Гидродинамическое равновесие обеспечивается балансом между сжимающей силой гравитации и противодействием горячего вещества внутри звезды. Баланс нарушается в периоды, когда остывание приводит к преобладанию гравитации, возникает сжатие. Сжатие звезды сопровождается ее нагреванием до десятков миллионов градусов и включением новых ядерных реакций, обеспечивающих равновесие на следующем этапе. Последовательность ядерных реакций на различных этапах эволюции звезд такова, что постепенно нарушается состав звезды, первоначально включавший ~75 % водорода и ~25 % гелия. В недрах звезд в ядерных реакциях сначала выгорает водород с образованием гелия, что длится около 10 млрд. лет. Наша звезда - Солнце находится примерно середине этого периода, так как синтез водорода на Солнце длится около 5 млрд. лет. После выгорания водорода давление внутри звезды падает. Вновь начинается сжатие, сопровождаемое ростом температуры. Когда температура достигает сотен миллионов

градусов, в недрах звезды возникают реакции синтеза гелия с образованием углерода; образуются также кислород и кремний. Этот период длится около 5 млрд. лет. Затем снова звезда сжимается, а ее температура повышается до начала термоядерного синтеза углерода, с образованием ядер тяжелых элементов вплоть до железа (см. рис. 4.3). Элементы тяжелее железа образоваться на этом пути практически не могут по энергетическим причинам. Необходим иной механизм, который реализуется в процессе так называемого «взрыва сверхновых».



Рис. 4.3. Основные элементы, синтезирующиеся в процессе эволюции массивных звезд до момента взрыва сверхновой - железное ядро окружено слоями более легкого вещества, не полностью переработанного на каждой предыдущей стадии ядерного горения в недрах звезды

Для звезд с достаточно большой массой эволюция завершается взрывом (взрыв сверхновой) и выбросом ядер тяжелых элементов в космос в виде рассеянного вещества. При взрыве сверхновой возникают столь высокие температуры и столь интенсивные потоки быстрых нейтронов и протонов, что создаются условия, необходимые для ядерного синтеза элементов тяжелее железа. Так космос обогащается всеми элементами таблицы Менделеева. Из выброшенного вещества формируются звезды второго поколения иного начального состава. К ним относится и наше Солнце. Взрывы сверхновых документально зафиксированы, например, в XI, XVI и XVIII веках.

После завершения термоядерных реакций звезда (если она не взорвалась) вновь сжимается (до разрушения электронных оболочек атомов и образования смеси голых ядер и свободных электронов). Если масса звезды не превышает 1,25 масс Солнца, то возникает устойчивое образование, называемое белым карликом с плотностью вещества около 60 т/см^3 . Если масса звезды превышает 1,25 масс Солнца, то гравитационное сжатие продолжается до вдавливания электронов в ядра, превращения всех протонов в нейтроны и сжатие прекращается; образуется нейтронная звезда с плотностью около 2 млрд. т/см^3 . Наконец, если масса звезды более трех масс Солнца, то гравитационное сжатие завершается релятивистским коллапсом – превращением звезды в «черную дыру». Любые космические объекты, поглощенные черной дырой, покинуть ее не могут. Столкновения быстрых частиц в потоках космической пыли, засасываемых гравитационным полем черной дыры, сопровождаются мощным рентгеновским излучением. Оно зарегистрировано специальной аппаратурой со спутников Земли. В сильном гравитационном поле черной дыры виртуальные частицы вакуума

превращаются в реальные частицы и античастицы, на что расходуется энергия, а значит и масса черной дыры. Аннигиляция частиц и античастиц приводит к мощному гамма-излучению, по которому можно обнаруживать черную дыру. Удаление реальных частиц из сферы действия поля черной дыры происходит за счет туннельного эффекта. Таким образом, взаимодействие поля черной дыры с вакуумом проявляется в виде непрерывного «испарения» и постепенного рассеивания черной дыры в космосе. Это еще один пример круговорота материи во Вселенной. На различных стадиях этого круговорота ярко выражены процессы саморегуляции, протекающие в звездах на этапах их устойчивого существования, которые могут продолжаться многие миллиарды лет, создавая, в частности, условия для возникновения и эволюции жизни.

На рис. 4.4. описанные выше этапы эволюции звезд представлены в наглядной форме условным графиком.

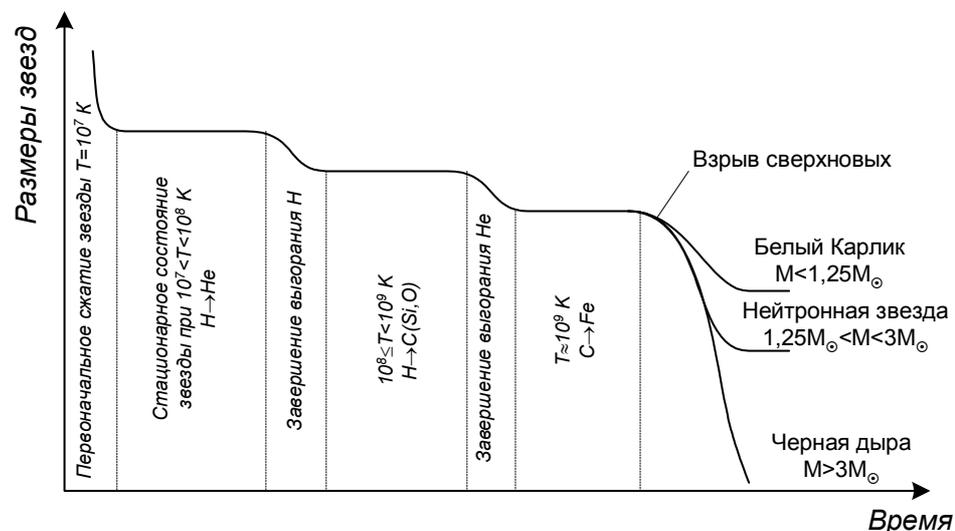


Рис. 4.4. Схематическое представление основных этапов эволюции звезд

4.3. Эволюция Солнечной системы

Замечательной особенностью Солнечной системы является возникновение в ее пределах условий, обеспечивших появление разумных существ, реализующих способность материи к самопознанию. Этими существами являемся мы, и поэтому вопросы эволюции Солнечной системы для нас особенно важны. Нам небезразлично, например, знать уникальны или типичны ситуации, в которых эволюция Вселенной с ее неисчислимым количеством звезд может приводить к рождению систем, подобных нашей планетной системе; имеются ли у нас братья по разуму. В настоящее время убедительного ответа на этот вопрос нет. Однако изложенные ниже современные представления о возможных условиях возникновения и о механизме эволюции Солнечной системы вселяют надежду на положительный ответ.

О Солнечной системе уже достаточно много известно из астрономических наблюдений, астрофизических исследований, из сведений, собранных космическими аппаратами, а также полученных в результате исследований метеоритов и космического излучения, попадающих на Землю.

Выяснено, что Солнечная система включает центральное тело (Солнце), группу ближайших к нему планет земного типа (Меркурий,

Венера, Земля, Марс), астероидный пояс из десятков тысяч более удаленных мелких планет (астероидов), группу «внешних» планет (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон), более 90 спутников планет, неопределенного числа комет и межзвездную среду в виде газа, плазмы, космической пыли, электромагнитного излучения и потоков элементарных частиц. Всё перечисленное составляет основу современной модели Солнечной системы как отдельного объекта Вселенной. Особенностью этой модели является, в частности, то, что в отличие от многих объектов микромира, планетные системы в различных частях Вселенной не одинаковы. Уже открыты около 50 внесолнечных планет.

Еще одной особенностью современной, модели Солнечной системы является создание на ее основе совершенных, глубоко математизированных теорий, обладающих мощной предсказательной силой. К таким теориям относится, например, небесная механика, позволяющая с высокой точностью предсказывать время наступления затмений Солнца и Луны.

Помимо моделирования Солнечной системы как целостного объекта, моделируются отдельные ее части: внешние планеты, астероидный пояс, внутренние планеты, отдельные планеты и их спутники и т.д., а также состояние Солнечной системы и все значимые этапы процесса ее эволюции, что подробнее описывается ниже.

В настоящее время наиболее изучены различные космические излучения и метеориты, попадающие на землю, сама Земля и ее спутник – Луна. Установлено, что средний радиус Земли равен 6371220 м, ее масса $-5,98 \cdot 10^{24}$ кг, средняя плотность $-5,5 \text{ г/см}^3$, среднее удаление от Солнца $-1,495 \cdot 10^{11}$ м, скорость движения по орбите ~ 30000 м/с, периоды обращения вокруг своей оси и вокруг Солнца – около 24 часов и 365,24 суток соответственно. В представленной далее таблице приведенные значения перечисленных характеристик Земли использованы в качестве единиц измерения для аналогичных характеристик других планет.

Суммарная масса планет составляет приблизительно 1/743 массы Солнца. Однако из-за малой скорости вращения Солнца и большего расстояния планет от центра вращения 98% вращательного момента Солнечной системы связано с планетами и только 2% – с Солнцем.

Орбиты планет лежат примерно в одной плоскости. У всех планет и Солнца экватор в той или иной степени наклонен к плоскости орбит. Восемь планет вращаются с запада на восток; Венера вращается в противоположном направлении, что в таблице отражено знаком «←» (колонка 8).

По составу планеты заметно дифференцированы. Это отражается на их плотности (6-й столбец таблицы). Гигантские внешние планеты по составу ближе к Солнцу. Они содержат больше водорода, гелия, а также воды и метана, и меньше тугоплавких элементов и химических соединений, чем планеты земной группы. Как правило, по мере удаления от Солнца содержание компонентов в планетах убывает в ряду: $Fe, Ni \rightarrow O, Si, Mg \rightarrow H_2O, CH_4$. Меркурий содержит, в основном, два первых элемента; наиболее удаленный Плутон покрыт замороженным метаном. Аналогичная тенденция имеется и в группах планет. Например, по расчетным данным содержание железа (никеля) изменяется в порядке 64,5; 31,2; 32,1; 26,7 вес.% в ряду Меркурий, Венера, Земля, Марс. Содержание

каменно-силикатных пород в том же ряду увеличивается. Подобные изменения состава от более тяжелых компонентов к более легким характерны также для тел астероидного пояса. Состав метеоритов отражает состав остальных тел Солнечной системы. В метеоритах обнаружено около 100 различных минералов, из которых примерно 80 встречаются на Земле. Преобладают каменные метеориты. Вещества, входящие в состав всех тел Солнечной системы, содержат радиоактивные изотопы различных элементов.

Небесные тел	Расстояние до Солнца	Экваториальный	Период обращения	Масса	Плотность	Число известных	Период вращения
Солнце	–	109	–	3330000	0,26	–	25,4
Меркурий	0,39	0,38	0,24	0,06	0,72	0	58,8
Венера	0,72	0,95	0,62	0,82	0,94	0	–243
Земля	1	1	1	1	1	1	1
Марс	1,52	0,53	1,88	0,11	0,74	2	~1
Астероиды	2,3-3,2	0,001-1000км		общая масса - 0,001	~0,5		
Юпитер	5,2	11,25	11,86	318	0,24	39	~0,4
Сатурн	9,54	9,44	29,46	95,1	0,12	30	~0,4
Уран	19,18	3,8	84,01	14,6	0,24	20	~0,4
Нептун	30,07	3,91	164,8	17,2	0,23	2	~0,7
Плутон	39,44	0,24	247,7	0,002	0,13	1	~6,4

Научные представления о возникновении и эволюции Солнечной системы зародились примерно 250 лет назад. В основном конкурировали две модели. Первая основывалась на гипотезе о катастрофическом «одномоментном», например, приливном выбросе вещества из Солнца с образованием планет. Сюда относятся гипотезы о критическом сближении с Солнцем большой кометы (Г.Л. Буфон – XVIII в.) или звезды (Д. Джинс, Г. Джеферсон – XX век). Вторая модель основывается на представлении о длительном формировании Солнечной системы за счет универсального для Вселенной процесса «комкования» первоначально разреженной космической среды в локальные плотные космические тела за счет гравитационных сил (гипотеза И. Канта и М. Лапласа – XVIII век). Вторая модель используется в современной теории. Ниже схематически излагаются ее основные представления.

Теория возникновения и эволюции Солнечной системы рассматривает вопросы: каково происхождение допланетной туманности, какие процессы лежали в основе образования центрального и остальных тел системы, чем

определяются упорядоченность собственных и орбитальных вращений планет, их состав, температура, вращательный момент, состав и состояние атмосфер, происхождение, состав и особенности движения спутников, происхождение астероидного пояса, метеоритов и комет, состав и состояние межпланетной среды и т.д. Видно, что современная теория претендует на способность прояснить весьма широкий перечень вопросов и это говорит об определенной зрелости теории. Об этом же свидетельствует использование в теории эволюции Солнечной системы мощного аппарата современной космологии, основанного на законах небесной механики, квантовой механики, статистической физики, термодинамики, электродинамики, современных методов компьютерного моделирования и т.д.

Наличие в составе тел Солнечной системы, помимо водорода и гелия, тяжелых элементов свидетельствует о том, что протопланетная среда частично возникла в результате взрыва сверхновой. Именно поэтому все тела Солнечной системы содержат тяжелые элементы и их радиоактивные изотопы.

Близость составов тел Солнечной системы, движение и вращение почти всех этих тел в одном направлении по схожим орбитам и приблизительно в одной плоскости и некоторые другие признаки указывают на общность механизма формирования всей Солнечной системы. Именно поэтому возможно построение общей теории эволюции Солнечной системы и описания этой эволюции в рамках единой гелиологической стрелы времени.

Образование Солнечной системы можно разделить на несколько взаимосвязанных этапов. На первом этапе в недрах Галактики за счет процессов сжатия и фрагментации вещества первичной туманности формируются звезды типа нашего Солнца. Указанное вещество помимо везде присутствующего исходного космического материала (водород, гелий) содержит еще остатки взрывов сверхновых, обогащенных тяжелыми элементами. Следовательно, исходные элементы и изотопы, входящие в состав Солнца (и планет), сформировались в недрах звезд предыдущих поколений к моменту и в процессе их взрыва. Первичная туманность, участвуя в общем вращении с Галактикой, обладала определенным вращательным моментом, что препятствовало ее сжатию в единое центральное тело с большой плотностью. Моделирование и расчеты на ЭВМ показали, что в определенном диапазоне значений вращательного момента фрагменты первичной туманности могут сжиматься до образования отдельных одиночных устойчивых звезд, подобных нашему Солнцу. Из расчетов следует также, что в процессе эволюции каждой такой звезды вокруг нее формируется протяженный вращающийся в экваториальной плоскости звезды газопылевой диск. В процессе оседания (аккреции) космической пыли из окружающей среды на диск и сложного (турбулентного) движения частичек пыли происходит инерционный вынос фрагментов вещества с избыточным вращательным моментом на периферию диска. Размер диска увеличивается до радиуса современной планетной системы ($\sim 10^{13}$ м), а масса до $\sim 0,1$ массы Солнца (M_{\odot}). Следовательно, центр диска (протосолнце) отдает часть своего вращательного момента остальным элементам диска. За $\sim 10^6$ лет центр диска превращается в относительно

медленно вращающееся Солнце с массой $M_{\odot} \approx 2 \cdot 10^{33}$ г, а быстровращающийся диск превращается позднее в систему планет, их спутников и астероидов.

В процессе ядерных превращений до и при взрыве сверхновой возникли радиоактивные изотопы различных элементов. Они были унаследованы протосолнцем и окружающим его допланетным веществом. Короткоживущие изотопы (^{26}Al , ^{53}Mn и т.д.) к нашему времени «вымерли», а долгоживущие (^{40}K , ^{238}U и т.д.) еще сохранились в обнаружимых количествах, что позволило установить начало образования Солнечной системы ($4,58 \pm 0,05$ млрд. лет).

По мере аккреции космической пыли плотность протопланетного диска ρ увеличивается и при достижении некоторого критического значения ρ_K возникает гравитационная неустойчивость вещества диска. Расчеты показали, что указанная неустойчивость привела к распаду диска на более плотные сгущения со средней массой, близкой к массам наиболее тяжелых астероидов. Их столкновения, объединения и сжатие привели к образованию достаточно крупных тел – планетезималей (за время примерно 10^6 лет).

Следующий этап, длившийся 10^7 - 10^8 лет, привел к образованию допланетных тел в процессе объединений планетезималий, захвата их обломков, космической пыли и газа. Численное моделирование позволило в общих чертах воссоздать картину превращения допланетных тел в наблюдаемую планетную систему и оценить основные характеристики внутренних планет. Важные детали процесса образования внешних планет еще до конца не поняты. Астероиды и кометы представляют собой остатки роя допланетных тел. Крупнейшие астероиды («диаметр» 100 км) образовались еще до формирования планетезималий, а мелкие и средние возникли в процессе столкновений и разрушений крупных. Происхождение комет связывают с воздействием ближайших звезд на достаточно удаленные от Солнца ($>10^{12}$ м) малые тела планетной системы. Притяжение звезд смещало эти тела в еще более удаленные части Солнечной системы и вытягивало их орбиты. Так проявляется, в частности, не полная изолированность Солнечной системы от космического окружения. При построении современной модели Солнечной системы (как отдельного космического объекта) подобными влияниями окружающего космоса пренебрегают.

Системы спутников планет образовались примерно по той же схеме, что и планетная система в целом. Исключение составляют спутники, вращение которых нарушает общий порядок, например, происходит в обратном направлении. Таких спутников крайне мало; они имеются только у Юпитера, Сатурна и Нептуна. Их происхождение – результат случайного захвата планетами близко пролетавших малых небесных тел. За счет этого же процесса планеты и Солнце в течение миллиардов лет довольно хорошо «очистили» сферу своего обитания от мелких небесных тел и космической пыли. Следы падения этих тел на планеты сохранились на поверхностях планет в виде характерных кратеров. Этот процесс продолжается и в настоящее время, хотя и с меньшей интенсивностью. Так Земля, действуя как «гравитационный пылесос», каждые сутки захватывает 260000 тонн

метеоритного вещества.

В ходе образования и эволюции допланетного диска происходило изменение элементного, изотопного, молекулярного состава конденсированных компонент, их перемешивание, плавление, испарение и конденсация вещества. Это привело к усреднению состава вещества в различных зонах диска с их дифференциацией по зонам. Вблизи Солнца стало преобладать более тугоплавкое вещество, а во внешней зоне диска сконцентрировались низкоплавкие материалы. Определения изотопного состава земных и лунных пород, метеоритов и межпланетной пыли подтвердили отмеченную усредненность основной части протопланетного вещества. Это можно считать дополнительным доводом в пользу предположения о едином процессе формирования Солнца и допланетного диска, начавшемся примерно 4,6 млрд. лет назад. Установлено, что определенную информацию о процессе формирования Солнечной системы хранят некоторые компоненты земных и лунных пород и метеоритов. Так состав ряда метеоритов свидетельствует о том, что уже к моменту формирования протопланет земной группы окружающей их газ был утерян. Имеющиеся в настоящее время атмосферы Земли, Венеры и Марса образовались в более позднюю эпоху, за счет иных процессов и состоят из других компонентов.

Что касается Солнца, то в процессе сжатия его недр разогрелись до температур, обеспечивающих термоядерный синтез водорода в гелий, что будет продолжаться еще не менее 5 миллиардов лет. Это основной источник энергии, обеспечивающий жизнь на Земле.

Изложенное показывает, что Солнце, планеты, их спутники, астероиды и кометы образуют единую самоорганизующуюся систему. Все, что мы имеем сегодня – это результат закономерного перехода первичного непрерывно распределенного вещества малой плотности, содержащего в основном водород и гелий, в локальные упорядоченно и взаимосвязано движущиеся космические объекты из сравнительно плотного конденсированного вещества, в состав которого входят практически все элементы таблицы Менделеева. Последнее при определенных условиях, реализовавшихся, по крайней мере, на одной планете (Земля), и привело к возникновению разумной жизни.

Современные представления о структуре и происхождении Солнечной системы полностью соответствуют гелиоцентрической парадигме, за отстаивание которой католическая церковь объявила Галилея «узником святой инквизиции» (на судебном процессе в 1633 г.). Однако в 1983 году Римская католическая церковь под давлением очевидных фактов была вынуждена реабилитировать Галилея из-за отсутствия состава преступления, признав тем самым правильность гелиоцентрической парадигмы.

4.4. Контрольные вопросы

1. При каких температурных условиях и в какой временной период после возникновения Вселенной началась эра вещества?
2. В каком состоянии находилось вещество в начале этой эры?
3. Какие главные события произошли в эру вещества?
4. Какую роль в эволюции вещества играла гравитационная сила?
5. В результате каких процессов возникли скопления галактик?
6. На какой стадии эволюции Вселенной возникли первичные неоднородности материи, которые стали в эру вещества центрами формирования гравитационно неустойчивых масс вещества?
7. Как делятся галактики по геометрическим признакам и чем определяются различия галактик по этому признаку? (Отметить только 3 основных типа галактик).
8. Каково типичное распределение усредненной плотности вещества в пределах галактик?
9. Из чего состоит межзвездная среда?
10. Укажите основные процессы, происходящие в системе «галактика, звезды, межзвездная среда».
11. Как межзвездная среда влияет на свет и электромагнитные волны других диапазонов, распространяющиеся в космосе?
12. В чем состоит круговорот вещества во Вселенной, связанный со взаимодействием межзвездной среды и звезд?
13. Опишите основные особенности нашей Галактики.
14. Опишите структуру протозвезды и процесс ее превращения в звезду.
15. Что определяет равновесное состояние звезды?
16. Опишите основные стадии, характерные для эволюции звезд.
17. Как возникают и что собой представляют черные дыры?
18. Какие небесные тела входят в состав Солнечной системы?
19. Охарактеризуйте структуры и особенности Солнечной системы.
20. В чем различие планет земной группы и группы «внешних» планет?
21. Что такое астероидный пояс, где он располагается в Солнечной системе?
22. Охарактеризуйте существующие представления о происхождении и эволюции Солнечной системы.
23. Какую роль в формировании состава Солнца и планет сыграл взрыв сверхновой?
24. Как возникли астероиды и кометы?
25. Как возникли спутники планет?
26. Какие процессы служат источником солнечной энергии?

ЛЕКЦИЯ 5. ЭВОЛЮЦИЯ ЗЕМЛИ И ЖИЗНИ

5.1. Эволюция Земли

При переходе от одного структурного уровня материи к другому совокупность законов природы, вносящих решающий вклад в эволюцию, может существенно измениться. В отличие от эволюции Солнечной системы, для эволюции Земли как колыбели человечества наиболее важными оказались те законы природы, которые обусловили образование тонкого поверхностного слоя планеты (литосфера, гидросфера, атмосфера), обеспечившего условия для возникновения и длительного устойчивого развития жизни. Эти условия соответствуют довольно узким диапазонам изменений температуры окружающей среды, ее состава, давления, напряженности гравитационного, электрического и магнитного полей, интенсивности радиации и электромагнитного излучения. На этапе возникновения таких условий проявились как физические, так и биохимические законы природы. В целом же появление жизни на Земле – результат сложных и длительных процессов самоорганизации, протекавших в звездах первого поколения, при взрывах сверхновых, в допланетной космической среде, в недрах Солнца и Земли.

Земля относится к внутренним планетам Солнечной системы. Следовательно, она формировалась преимущественно из высокотемпературных фракций вещества допланетного диска.

Направление и начальные скорости обращения Земли вокруг Солнца (длительность года) и вокруг собственной оси (длительность суток) определились усреднением скоростей движения тех тел допланетного диска, которые образовали Землю, а ее космический размер и масса – количеством этих тел. Собирая «остатки» межпланетного вещества Земля продолжает увеличиваться в размерах (сейчас примерно на $3 \cdot 10^{-3}$ см за тысячелетие). Период вращения Земли удлиняется примерно на 0,002 с в год (главным образом из-за приливного трения, вызванного притяжением со стороны Луны и Солнца). В эволюции формы Земли основную роль играла сферическая симметрия гравитационного поля. Однако из-за вращения и других причин Земля не стала точной сферой. Форма поверхности Земли отличается от сферической не только на локальном уровне (горы, впадины), но и на глобальном. Это отражает, в частности, тот факт, что в процессе эволюции Земли участвовало вещество не только в газообразном и жидком состояниях, но в виде твердых фрагментов допланетного диска. Отметим, что существует три основных модели формы Земли: первая (простейшая) – это сфера, вторая – эллипсоид (сплюснутый по оси вращения) и более точная – геоид – геометрическое тело, поверхность которого совпадает с невозмущенной поверхностью воды в океанах, продолженной под континентами так, что она в каждой точке пересекает направление отвесной линии под углом 90° .

Выделившись из протопланетного диска, Земля сравнительно быстро превратилась в единую систему, дальнейшая эволюция которой стала во все большей степени определяться процессами, протекающими в недрах и на поверхности самой планеты. В этой системе возникли характерные только для нее сложные взаимосвязанные процессы самоорганизации, приведшие в

конечном итоге к тому состоянию, в котором Земля пребывает в настоящее время.

Модель состояния земных недр изображена на рис. 5.1. Под твердой земной корой (толщиной 30-60 км на континенте и 3-17 км в океанах), лежит мантия, достигающая глубины 3000 км; ниже располагается ядро Земли. Через него не проходят поперечные упругие волны. Это свидетельствует о том, что ядро является жидким. Есть основания предполагать, что внутренняя часть ядра радиусом 1200-1650 м твердая. Основные сведения о внутреннем строении Земли получаются сейсмическими методами на основе анализа особенностей распространения продольных и поперечных упругих волн, возникающих в теле Земли при землетрясениях и мощных взрывах. Ценная информация получается также из анализа лунно-солнечных приливов в океанах и твердых слоях Земли. Прямая информация о составе Земли до глубины 200 км дает химический анализ продуктов извержения вулканов, а до глубин 12-13 км – георазведка бурением скважин. Состав и строение земной коры исследуются, кроме того, с помощью геофизических методов разведки.

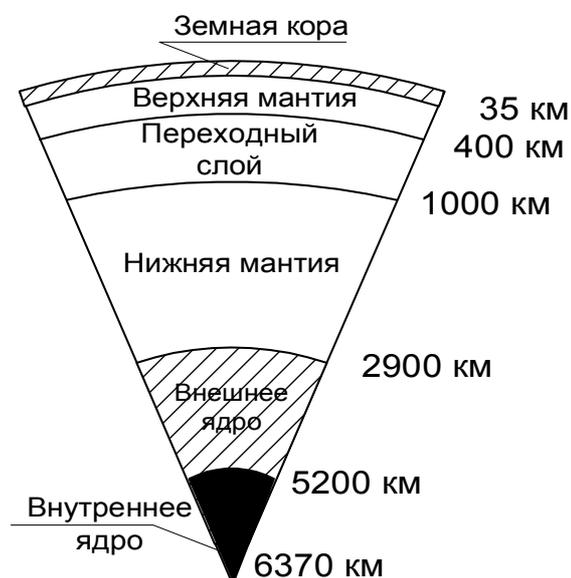


Рис. 5.1. Модель строения Земли

На основе данных о строении и составе Земли создаются вероятные модели эволюции нашей планеты. Таких моделей несколько. По одной из них современное строение Земли (рис. 5.1) возникло из первоначально гомогенной протопланеты в процессе последующего частичного плавления и переноса более тяжелых компонентов в глубинные области. Другая модель предполагает, что уже в ранний период образования протопланеты сперва осаждались тяжелые тугоплавкие металлические частицы, образуя ядро, а затем на него оседали более легкие и менее тугоплавкие конденсаты в виде силикатов, постепенно образуя мантию планеты. Третья модель носит черты комбинации первых двух. Имеются различные модификации этих моделей. Многовариантность сценариев эволюции Земли - следствие недостатка достоверных опытных данных. Тем не менее в общих чертах современные представления об отдельных этапах эволюции Земли достаточно обоснованы.

Скорее всего ядро Земли возникло в результате комбинации первоначально более интенсивного захвата зарождающимся ядром тяжелых

фракций космической среды и менее интенсивного, но усиливающегося захвата легких фракций с одновременно протекающим процессом их постепенной более четкой дифференциации на ядро и мантию. Такое разделение в относительно короткие сроки могло завершиться лишь при участии жидкой фазы. Жидкая фаза в недрах Земли наверняка возникала и присутствует в настоящее время, о чем свидетельствуют выбросы лавы при извержении вулканов. Источниками нагрева Земли являются солнечное излучение, гравитационное сжатие, приливное трение, распад радиоактивных изотопов, удары захватываемых Землей тел. Последний источник проявлялся только на поверхности планеты и был особенно мощным на ранних стадиях эволюции Земли. Солнечное излучение нагревает только тонкий поверхностный слой планеты; энергия приливного трения выделяется и в глубинных слоях. Наиболее мощным и распределенным по объему планеты было выделение энергии радиоактивного распада короткоживущих радиоактивных изотопов, почти исчезнувших к настоящему времени.

Благодаря нагреву, Земля стала плавиться. Сначала плавилась масса, обогащенная наиболее легкоплавкими элементами. Возникли условия перемещения более плотных фаз в расплавленном состоянии вниз к ядру. В рыхлых частях среды это могло быть простое «протекание», в плотных мог проявиться механизм зонной плавки градиентом температуры (миграция фрагментов жидкой фазы в объеме твердого материала в сторону повышения температуры). За счет перечисленных и других процессов происходило все более четкое разделение вещества по плотности между ядром и мантией и увеличение размеров ядра. При этом внешняя часть ядра и нижние слои мантии остаются жидкими. Считается, что в центральной части ядра давление столь велико, что жидкая фаза того же состава переходит в чрезвычайно вязкое (квазитвердое) состояние. Предполагается, что между твердым внутренним ядром и его верхним жидким слоем нет резкой границы. Имеются основания считать, что внутреннее ядро состоит из сплава *Fe-Ni* в соотношении 4:1, который плавится при 4500°C (при существующих в ядре давлениях). Примерно такой же считается и температура этой части ядра. В состав внешней части ядра входят, в основном, *Fe*, *S*, *Ni*. Процессы дифференциации вещества мантии, обусловленные гравитационным полем и разогревом, привели к ее расслоению на верхнюю и нижнюю части, разделенные переходным слоем на глубине примерно 700 км (рис. 5.1). Предполагается, что мантию образуют, в основном, различные соединения кремния (силикаты). В верхних слоях мантии толщиной порядка 100 км формируется состав земной коры.

Земная кора вместе с подстилающим ее слоем мантии образуют литосферу. Литосфера «плавает» на верхнем слое мантии, называемом астеносферой, которая проявляет пластические свойства. Плотность и вязкость мантии увеличивается с глубиной. Астеносфера также «плавает», но только уже на следующем еще более вязком слое мантии.

Таким образом, подстилающие земную кору слои пластичны и подвижны. В этих слоях имеют место горизонтальные и вертикальные перемещения вещества мантии, подобные конвективным потокам в

неоднородно нагретой жидкости. Это приводит к разломам в твердой земной коре, к ее делению на фрагменты, и к их взаимному перемещению и погружению в мантию. Такие фрагменты называются литосферными плитами. Над восходящими потоками вещества мантии (магмы) они расходятся, над нисходящими – одна плита подползает под другую. По линиям разлома имеет место активная вулканическая деятельность, возникновение новых элементов земной коры, изменение формы, взаимного расположения и перемещения фрагментов суши в виде островов и континентов. Такая модель строения земной коры хорошо подтверждается прямыми геологическими и геофизическими исследованиями.

На всех этапах эволюции Земли одновременно с плавлением, химическим превращениями и дифференциацией происходила дегазация твердого и жидкого материала. В результате возникла первичная атмосфера. Из нее конденсировалась вода – появилась гидросфера (океаны, моря и т.д.). Процессы дегазации возникли еще в протопланетной среде и продолжаются в настоящее время. Они привели к образованию атмосферы, обогащенной углекислым газом. Дальнейшее глобальное изменение состава атмосферы наступило около 2 млрд. лет назад и связано с фотосинтезирующей деятельностью растений. В итоге атмосфера обогатилась кислородом и стабилизировалась по составу, что с прочими благоприятными факторами обеспечило возникновение и длительное развитие высших форм жизни на Земле.

Атмосферу можно разделить на несколько слоев. Основных три и каждый из них важен для жизни и деятельности человека. Нижний слой – тропосфера (высота 8-17 км) обеспечивает круговорот воды в природе; в этом слое происходят процессы, определяющие погоду; следующий – стратосфера (до 55 км) содержит повышенную концентрацию озона, защищающего живое от губительного воздействия ультрафиолетовых лучей; верхний слой – ионосфера (выше 55 км) хорошо отражает короткие и средние радиоволны и обеспечивает поддержание на земле глобальной радиосвязи.

Для жизни наиболее важна та часть Земли, в которой обитают живые существа, т.е. биосфера. Биосфера включает все живое, гидросферу и те области литосферы и атмосферы, в которых обнаруживается жизнь. Масса живого составляет лишь $\sim 10^4$ массы атмосферы. Однако ее современный состав в значительной степени поддерживается жизнедеятельностью представителей фауны и флоры. В индустриальном обществе ощутимое и, как правило, негативное влияние на состояние атмосферы оказывает практическая деятельность человека.

Изложенное в настоящем параграфе – характерный пример эволюции природы, когда в сложной открытой материальной системе с громадным числом внешних и внутренних связей самопроизвольно возникает из вещества в элементарной форме и в хаотизированном состоянии упорядоченно движущаяся сложнейшая многоуровневая конструкция – планета, дающая начало еще более сложной, самоорганизующейся и самоподдерживающейся системе – живой материи.

5.2. Происхождение жизни

В иерархической системе материальных структур (см. рис. 2.7) имеется структура, начиная с которой эволюция природы продолжалась двумя путями. Этой структурой является молекула. Далее природа разделилась на «неживую» и «живую».

Живая природа (коротко – жизнь) - это такая форма организации материи на уровне макромира, которая резко отличается от других форм сразу многими признаками. Каждый из этих признаков может служить для разграничения живой и неживой природы, а соответственно – основой для определения того, что есть жизнь. Существенными оказываются все эти признаки. Ни одним из них нельзя пренебречь.

Прежде всего **любой живой объект является системой - совокупностью взаимодействующих элементов, которая обладает свойствами, отсутствующими у элементов, образующих этот объект.** Для последующего анализа живого воспользуемся определением жизни, которое дал академик М.В. Волькенштейн. **Жизнь есть форма существования макроскопических гетерогенных открытых сильнонеравновесных систем, способных к самоорганизации и самовоспроизведению.** Рассмотрим отдельные положения этой формулировки.

Макроскопичность живого означает, что любой живой организм, начиная с бактерии (~1 мкм), или же его самостоятельно функционирующая подсистема должны содержать большое число атомов. Иначе упорядоченность, необходимая для жизни, разрушилась бы флуктуациями.

Гетерогенность означает, что организм образован из множества различных веществ.

Открытость живой системы проявляется в непрерывном обмене энергией и веществом с окружающей средой. Самоорганизация возможна лишь в открытых *сильнонеравновесных* системах.

Помимо отмеченных ключевых особенностей живых систем следует указать на другие важные свойства живых организмов.

Сходство химического состава всех живых организмов. Элементный состав живого определяется главным образом шестью элементами (97,4% всего состава): кислород, углерод, водород, азот, сера, фосфор. Кроме того, **живые системы содержат совокупность сложных биополимеров, которые для неживых систем не характерны** (белки, нуклеиновые кислоты, ферменты и др.).

Живые системы существуют конечное время. Свойство **самовоспроизведения** сохраняет биологические виды. Конечность жизни живых систем создает условия их сменяемости и совершенствования.

Свойство всего живого – **раздражимость** – проявляется в виде реакции живой системы на воздействие извне.

Живая система обладает **дискретностью** – состоит из отдельных (дискретных) элементов, взаимодействующих между собой. Каждый из них также является живой системой. Наряду с дискретностью живой системе присуще свойство **цельности** – все ее элементы функционируют только благодаря функционированию всей системы в целом.

Таким образом, живые системы являются значительно более сложными, чем системы неживой природы. Возникновение живого из неживого

соответствует общей тенденции в эволюции природы развиваться от простого к сложному. Исследованы и поняты механизмы перехода большинства простых структур в сложные иерархические системы неживой природы (см. рис. 2.7). Однако конкретные механизмы перехода неживых молекулярных структур в живые не нашли пока строгого общепринятого научного объяснения.

Имеются несколько гипотез о возникновении жизни. Некоторые отвергнуты наукой давно как абсолютно несостоятельные. К таким гипотезам относятся гипотезы о божественном происхождении жизни. В XIX веке Л. Пастер опроверг бытовавшую ранее гипотезу о самопроизвольном постоянном зарождении жизни из неживого вещества. Несостоятельным оказался и принцип Ф. Реди (XVII в.) «Все живое – из живого». Не выдержали проверки временем и гипотезы о постоянном существовании жизни на Земле и о занесении жизни из космоса (панспермия). Теоретическая возможность панспермии подтверждается обнаружением следов органических соединений в метеоритном и кометном веществе. Например, в 1975 г. предшественники аминокислот найдены в лунном грунте. К этой концепции периодически возникает интерес и в наше время и она лежит в основе многих псевдонаучных гипотез и фантазий на тему о космических пришельцах – «сеятелей жизни».

Общепринятой в естествознании в настоящее время можно считать концепцию биохимической эволюции. Согласно современному варианту концепции, жизнь зародилась на Земле естественным путем в результате химических, а затем – биохимических процессов. Причем, это явилось не маловероятной случайностью, а достаточно вероятным результатом самоорганизации.

Научная постановка проблемы происхождения жизни принадлежит Ф. Энгельсу, считавшему, что жизнь возникла не внезапно, а сформировалась в ходе эволюции материи. Современные представления о происхождении жизни восходят к гипотезам Опарина и Холдейна. А.И. Опарин в России и Дж. Холдейн в Англии в 1920-е годы утверждали, что данные химии и геохимии (полученные к тому времени) достаточны для того, чтобы представить естественный процесс развития систем, имеющих признаки живого. В концепции биохимической эволюции важную роль играет эволюция самой планеты Земля.

Земля 4,6 млрд. лет назад была космическим объектом с температурой в несколько тысяч градусов. По мере остывания планеты образовалась земная кора, нестабильная из-за высокой вулканической активности и глобальных подвижек. **Согласно гипотезе Опарина, атмосферу ранней Земли составляли, в основном, тяжелые газы (аммиак, двуокись углерода, метан, пары воды).** Отсутствие в атмосфере кислорода было, вероятно, необходимым условием возникновения предбиологических образований, так как органические вещества гораздо легче синтезируются в восстановительной среде, чем в окислительной. Вода оставалась в газообразном состоянии до тех пор, пока изменение совокупности параметров температура-давление не привело к ее конденсации. По современным представлениям появление жизни тесно связано с возникновением земных океанов. Первые осадочные породы, свидетельствующие о

появлении крупных водоемов, датируются временем 3,8 млрд. лет назад. **Опарин полагал, что сложные органические вещества могли синтезироваться из более простых при активационном воздействии мощного солнечного коротковолнового излучения, существовавшего в тот период без фильтрующего слоя современной атмосферы.** Для построения любого сложного органического соединения, необходимого для живой материи, достаточно небольшого набора мономеров. **Разнообразие находящихся в древнем океане простых соединений, громадная площадь поверхности, высокие температуры и интенсивные потоки активирующего излучения, атмосферные электрические разряды, а также большая длительность процессов химической эволюции позволяют предположить, что в водной среде синтезировались, а в поверхностном водном слое и первичном грунте постепенно накопились органические вещества. Они стали тем «первичным питательным бульоном», в котором могли сформироваться системы органических веществ, необходимых для последующего возникновения предбиологических структур – белки и нуклеиновые кислоты.**

В лаборатории Опарина были промоделированы условия, напоминающие описанные, и в этих условиях выполнялись эксперименты по синтезу органических веществ. В результате были синтезированы не только аминокислоты, но и другие сложные соединения. Подобного рода эксперименты были с успехом проведены и во многих других исследовательских центрах.

Возраст древнейших организмов, следы которых обнаружены в геологических отложениях, оценен в 3,2-3,5 млрд. лет. Это минерализовавшиеся микроорганизмы, похожие на простейшие бактерии и микроводоросли. Эти организмы стоят на гораздо более высоком уровне организации, чем самые сложные из известных органических соединений. Но нет сомнений, что это не самые древние формы простейших организмов. **Истоки жизни уходят в первый миллиард лет существования Земли, не оставивший следов в ее геологической летописи. Центральным вопросом концепции биохимической эволюции является вопрос о характере предбиологической системы, появившейся в результате химической эволюции в тот «темный» миллиард лет земной истории.** Этот вопрос решается приверженцами данной концепции на основе двух разных подходов.

Первый подход реализован в гипотезах, построенных на идее **голобиоза**, то есть первичности структуры типа клеточной, наделенной способностью к элементарному обмену веществ. Такого подхода придерживался и Опарин. Реконструируя возможный ход биохимической эволюции, Опарин опирался на установленную экспериментально возможность образования коллоидных гелей (студнеобразных смесей), образующихся при смешении белков и других высокомолекулярных соединений. Этот процесс был назван **коацервацией**. Согласно гипотезе Опарина образование поверхностно обособленных гелевых структур (**коацерватов**) и было тем центральным событием, которое предшествовало началу биогенеза, то есть подлинной биологической эволюции на уровне первичной клеточной структуры. Существуют и другие гипотезы,

использующие идею голобизма. Например, в 1970-80-е годы группой американских биохимиков разработана гипотеза протеноидных микросфер.

Альтернативный подход к данной проблеме использован в группе гипотез, утверждающих первичность возникновения в результате химической эволюции молекулярной системы со свойствами генетического кода. Это идея **генобиоза**, получившая наибольшее признание на современном этапе развития концепции биохимической эволюции. В рамках этого подхода возник вопрос о первичности одной из двух типов информационных молекул ДНК и РНК, и установлена первичность РНК.

Скачок эволюции "аминокислоты-живая клетка" до сих пор остается непознанным. Весь этот скачок с помощью ряда гипотез представляется в виде цепочки шагов; но каждый шаг – во многом загадка, а вся схема – комплексная проблема. Первоначально допускалась возможность случайной «сборки»: в результате многократных актов взаимодействия простых органических веществ случайно образовалась молекула, способная нести и передавать генетическую информацию. Однако подсчеты показали, что вероятность подобного процесса имеет порядок $1/10^{2000}$, и за время, отведенное геологической историей для синтеза простейших организмов, осуществить его случайным перебором практически невозможно. Современная точка зрения на биохимическую эволюцию базируется на идеях о самоорганизации в открытых сильнонеравновесных системах.

Итак, при рассмотрении проблемы возникновения жизни естественным путем, то есть в рамках концепции биохимической эволюции, можно выделить три основных этапа предположительного сценария перехода от неживого к живому: 1) этап синтеза исходных органических соединений из неорганических веществ в условиях первичной атмосферы и состояния поверхности ранней Земли; 2) этап синтеза биополимеров из накопившихся органических соединений; 3) самоорганизация сложных органических соединений, возникновение на их основе и эволюционное совершенствование процессов обмена веществом и воспроизводства органических структур, завершающееся образованием простейшей клетки. Не все пока ясно с первыми двумя этапами, а в отношении третьего этапа некоторое прояснение намечилось лишь в самые последние годы.

Трудности в разрешении проблемы возникновения жизни не являются поводом для пессимизма. Проблема глубока и многогранна. Сейчас не так важно, что пока не удастся разобраться с конкретными механизмами перехода от неживого к живому. Это обязательно произойдет по мере разработки уже выдвинутых гипотез или появления новых плодотворных идей. Важным же является то, что **концепция биохимической эволюции совместно с новыми представлениями о возможности и закономерностях самоорганизации в открытых неравновесных системах указывает принципиальный путь решения проблемы происхождения живой материи.**

В связи с данной концепцией возникает естественный **вопрос об исключительности условий биохимической эволюции на планете Земля** и соответственно об уникальности известной нам формы жизни. Постулируя, что в условиях, сходных с теми, которые имелись на молодой

Земле, развитие живого вполне вероятно, можно прийти к естественному выводу о том, что в каких-то местах громадной Вселенной должны встречаться формы жизни, сходные с земными. На этой принципиальной позиции стоят многие ученые. Тем самым подхватывается идея итальянского мыслителя Джордано Бруно (1548-1600) множественности обитаемых миров.

Исходя из данных астрономии, можно однозначно заключить, что в ближайших к нам звездных системах условий для образования цивилизаций не существует. Но не исключается существование примитивных форм жизни. Так, группа американских ученых считает, что ею обнаружены свидетельства примитивной одноклеточной жизни, существовавшей на Марсе в далеком прошлом. Ввиду скудости подобного рода материалов сейчас нельзя сделать однозначных выводов по данной проблеме. Возможно, что в этом помогут будущие марсианские экспедиции.

5.3. Биологическая эволюция

Под биологической эволюцией понимают процесс исторического развития живого мира от древнейших форм жизни до современных и будущих форм. **Сущность процесса эволюции проявляется в непрерывном приспособлении биологических видов к разнообразным и постоянно меняющимся условиям окружающей среды и в появлении все более сложно устроенных организмов.** Можно коротко сказать, что биологическая эволюция направлена от простых биологических форм к сложным.

Решающий вклад в становление эволюционной концепции в биологии сделан Ч. Дарвином. Классическое учение о биологической эволюции, основоположником которого он явился, вскрывает движущие силы эволюции и общие закономерности развития живой природы.

Из множества явлений живой природы Дарвин сумел выделить **три принципиальных фактора эволюционного развития живого, объединяемых краткой формулой: изменчивость, наследственность, естественный отбор.** Эти принципы базируются на следующих выводах из наблюдений над миром живого.

1) В любой популяции всегда наблюдается изменчивость составляющих ее особей. В природе невозможно обнаружить два тождественных организма. **Изменчивость является неотъемлемым свойством живого и проявляется постоянно;**

2) Некоторые из этих изменений наследуются потомством;

3) Обычно рождается значительно большее число организмов, чем доживает до размножения. Причем, выживают и дают большее потомство чаще те особи, которые обладают более благоприятным для **борьбы за существование** сочетанием индивидуальных унаследованных качеств. Таким образом природа осуществляет **отбор признаков, способствующих приспособлению вида к изменяющимся условиям существования.**

Естественный отбор, являющийся результатом борьбы за существование, - основной фактор эволюции, направляющий эволюционные изменения. Эти изменения становятся заметными после смены многих поколений.

В ходе развития биологии классическое дарвинское эволюционное учение было значительно дополнено и уточнено. Ключевые положения этого учения получили обоснование с молекулярно-генетической точки зрения. В результате возникла современная синтетическая теория эволюции (часто используют сокращение: СТЭ).

Современная молекулярная биология установила, что изменчивость проявляется на генетическом, молекулярном уровне в виде так называемых **мутаций** и происходит непредсказуемо под воздействием внутренних и внешних случайных факторов. (Генная инженерия привнесла в изменчивость плановое начало.) **Мутационный процесс обуславливает разнообразие особей в популяции. Случайный по своей природе, он не может задавать направление эволюции. Фактором, определяющим направленность эволюции, служит естественный отбор.** Без естественного отбора случайные мутации постепенно приводили бы к размытию совокупности признаков вида (**фенотипа**).

Эволюция - единый процесс. Но в СТЭ различают два ее уровня: микроэволюцию (на популяционно-видовом уровне) и макроэволюцию (на надвидовом уровне). **Микроэволюция происходит за относительно недолгое время на ограниченных территориях. Она протекает в популяциях и завершается видообразованием. В макроэволюции же проявляются самые общие закономерности и направление исторического развития как всей совокупности живого, так и отдельных надвидовых групп.** В СТЭ признано, что элементарной единицей эволюции является популяция, а не вид (как считалось в классическом эволюционном учении). Микроэволюционные изменения доступны непосредственному наблюдению.

Неравномерность темпов эволюционного процесса определяется сложным сочетанием внутренних факторов и изменяющихся условий окружающей среды. Крупное, качественно новое изменение в строении и функциях организма является мощным стимулятором эволюции, рождающим новые формы отбора. Такие изменения могут дать подавляющее преимущество в борьбе за существование и быстро привести к появлению новой группы организмов. Затем темпы эволюции этой группы могут и не оставаться столь же высокими.

Неверно было бы думать, что все ранее существовавшие виды живого (а теперь это ископаемые формы) должны вместе составлять некую единую последовательность, протянувшуюся от прошлого к настоящему. Многие виды в процессе эволюции исчезают (представляя собой тупиковые ветви эволюционного дерева). Исчезнувшие виды впоследствии никогда не восстанавливаются в прежней форме. В этом существо *принципа необратимости эволюции*. С молекулярно-генетической точки зрения это объясняется невозможностью повторения состава генофонда исчезнувшего вида. Вот почему важно максимальное сохранение существующих на Земле видов. Невыполнение этой задачи означает постепенную и уже невозможную утрату генофонда видов, возникших в ходе длительного эволюционного развития.

Эволюцию живой системы можно рассматривать как самоорганизацию в ней. Самоорганизующаяся система нелинейна: размножение само по себе

обеспечило бы нелинейный рост численности. Ограниченный ресурс питания дает конкуренцию, приводящую к естественному отбору – обратной связи между мутацией и ее целесообразностью. Отбор вместе с механизмом наследственности – репликацией (схема «все или ничего») – обуславливает возникновение новых эффективных форм, то есть эволюционное совершенствование.

Эволюционная концепция в биологии успешно прошла испытание временем, воплотилась в современную теорию эволюции и является фундаментом всех биологических наук.

5.4. Информационный обмен и самоорганизация в живых системах

В живой системе реализуется механизм **самоуправления и самоорганизации** на основе непрерывного обмена информацией с внешней средой. Это обеспечивает выработку самим организмом реакций, направленных на максимальное его приспособление к изменяющимся условиям. **Самоорганизация - это процесс создания, поддержания и совершенствования сложной системы без управляющего вмешательства извне.** Самоорганизация и самоуправление в живой системе невозможны без информационных связей между ее элементами.

Самоуправление в живых системах и цели, которые оно преследует, имеют многоуровневый характер, а между уровнями существует подчиненность (иерархия). Цель первого порядка – обеспечить существование системы. Она достигается поддержанием неравновесного стационарного состояния. После достижения этой цели живая система осуществляет **поддержание постоянства параметров внутренней среды – гомеостаз** (цель второго порядка). Гомеостаз является необходимым условием высокого качества функционирования системы. Цель третьего порядка - достижение оптимальных в данных условиях показателей существования живой системы, в частности максимальной энергетической эффективности и надежности ее функционирования.

Важнейшим информационным аспектом в функционировании живых организмов является наличие в них так называемых **обратных связей**. **Принцип обратных связей является одним из основных принципов самоуправления и самоорганизации.**

Положительные обратные связи осуществляют такой тип регулирования, который уводит состояние живой системы от первоначального, и играют роль "усилителей" процессов жизнедеятельности. Такого рода связь существует между неограниченными пищевыми ресурсами для некоторого вида животных и их численностью. Наличие одной лишь такой связи привело бы к постоянному росту численности данного вида. **Отрицательные обратные связи**, наоборот, служат для поддержания стабильной ситуации в живой системе. Они обеспечивают, например, оптимальную численность популяций в биоценозе, стабильную температуру организма и т.д.

Информационные связи в организме осуществляются по нескольким каналам. **Гормональная связь** носит химический характер. **Гормон** - химическое вещество, выполняющее роль внутреннего стимулятора определенных процессов в организме; с кровотоком поступает во все сферы

организма, но действуют избирательно на отдельные органы. **Нервные связи** обеспечивают передачу по нервным волокнам информационных импульсов, подключающих необходимые органы к переработке и восприятию информации. **Генетическая связь** обеспечивает передачу наследственной информации на популяционно-видовом уровне и осуществляется посредством генов.

5.5. Контрольные вопросы

- 1. Опишите основные особенности Земли как планеты.*
- 2. Какие геометрические модели Земли Вы знаете?*
- 3. Опишите внутреннюю структуру Земли.*
- 4. Какие модели эволюции Земли Вы знаете?*
- 5. Какие существуют источники нагрева Земли?*
- 6. Какова роль разогрева Земли в эволюции?*
- 7. Что такое литосфера? Каковы особенности ее эволюции?*
- 8. Как возникали первичная и современная атмосфера Земли?*
- 9. На какие основные слои атмосфера Земли делится; их роль в жизни и деятельности человека?*
- 10. Что такое биосфера?*
- 11. Что такое жизнь?*
- 12. Перечислите и поясните основные признаки живого?*
- 13. Перечислите основные химические элементы, входящие в состав живого на Земле; опишите в общих чертах основные молекулярные составляющие живых систем.*
- 14. Какие процессы лежат в основе зарождения жизни на Земле с точки зрения современных представлений?*
- 15. Опишите гипотезу Опарина о возникновении жизни на Земле.*
- 16. В чем суть идеи генобиоза?*
- 17. Почему неприемлема идея «случайной сборки» атомов в живые системы?*
- 18. Какие основные этапы проходит превращение неживого в живое с точки зрения современной биохимической концепции возникновения и эволюции жизни.*
- 19. В чем сущность биологической эволюции?*
- 20. Перечислите важнейшие факторы эволюционного развития живого по Дарвину.*
- 21. Опишите суть современной молекулярно-генетической теории эволюции.*
- 22. В чем состоит принцип необратимости эволюции?*
- 23. Что такое самоорганизация и самоуправление сложной системы?.*
- 24. Опишите роль обратных связей в функционировании живого организма.*
- 25. Какие каналы информационных связей в живом организме Вы знаете?*

ЛЕКЦИЯ 6. ЧЕЛОВЕК И ПРИРОДА

6.1. Состояние и отражательная способность материальной системы

Состояние материальной системы это то, что определяет ее способность взаимодействовать с окружением и изменяться в этом взаимодействии. Например, для простейшей системы, моделью которой является материальная точка, взаимодействие с другими материальными точками проявляется в передаче им импульса и изменении их координат. Следовательно, состояние материальной точки (и моделируемой ею частицы) должно определяться значениями ее импульса (\vec{p}) и координат (x, y, z) . Аналогично «идеальный» газ, занимающий некоторый объем V , находящийся при давлении P и температуре T способен изменить температуру, объем и давление других объемов газа (с которыми он взаимодействует). В этом взаимодействии претерпевают изменения параметры T, V, P исходного объема газа. Поэтому именно эти параметры однозначно определяют его состояние.

То же самое можно сказать о любой сколь угодно сложной материальной системе, включая человека и человеческое общество. Однако состояние человека и состояние общества сложны и многогранны – они могут отражать различные взаимодействия с окружением. Если, например, речь идет о физиологическом взаимодействии человека (как биологической системы) с жизнеобеспечивающим окружением, что проявляется в дыхании, питании, поддержании водного баланса, температурного равновесия, механической устойчивости и т.д., то состояние человека будет определяться параметрами, связанными с теми органами, которые возникли у человека при его биологическом развитии. Если же человек рассматривается как элемент социальной системы, то его состояние должно оцениваться уже совсем другими параметрами и связано с той частью его мыслительной сферы, которая сформировалась в процессе социального опыта.

Состояние любой материальной системы изменяется под воздействием окружения. Поэтому при появлении вблизи данной системы какого-нибудь тела состояние системы изменяется и это изменение однозначно связано со свойствами внешнего тела. Любая система «реагирует» изменением своего состояния на расположение другого тела, его форму, массу, агрегатное состояние, степень заряженности и намагниченности и так далее. Это касается всех материальных тел, входящих в окружение рассматриваемой системы, т.е. всех тел Вселенной. Все тела Вселенной дают свой «вклад» в изменение состояния выбранной системы. Данная система изменением своего состояния «фиксирует», «записывает», «отображает» наличие, свойства, поведение и т.д. всех других материальных систем. Эта особенность взаимосвязи всего со всем получила в философии название «отражение». Отражение – всеобщее свойство материи, присущее ей на всех структурных уровнях от элементарных частиц до систем галактик.

Отражение есть однозначное воспроизведение в состоянии отражающего тела всех особенностей отражаемого тела. В результате взаимного отражения всего во всем мир существует как бы в двух экземплярах: мир как таковой (единственный «оригинал») и его полное

отражение во всех материальных системах («копия» – в стольких экземплярах, сколько существует отражающих систем). Все, что происходит с оригиналом обязательно отражается, фиксируется в копии.

У оригинала (существующий мир) нет вариаций; он непрерывно изменяется, но в каждый данный момент единственен. Копии единственного оригинала, возникающие в различных отражающих системах не одинаковы. Это связано с тем, что различные отражающие системы в неодинаковой степени взаимодействуют с различными объектами окружающего мира и неодинаково реагируют на одно и то же воздействие; «избирательность» к этому воздействию у них может быть разная.

Следует отметить, что из-за конечности скорости передачи взаимодействия, отражение изменений оригинала всегда в той или иной степени запаздывает.

6.2. Отражательная способность живых биологических систем и человека

Биологические системы с момента своего появления на Земле унаследовали от неживых систем их отражательную способность, описанную в предыдущем параграфе. Однако для функционирования живого этого недостаточно. Для самосохранения, стабильного существования, воспроизводства и развития живое должно непрерывно адаптироваться к изменяющимся внешним условиям, включая те, которые связаны с конкурентной борьбой в биологическом окружении. Между тем информация, поступающая извне к данной особи за счет обычных процессов отражения не избирательна. Эта информация содержит «все обо всем», т.е. представляет собой некий информационный шум, в котором значимые для особи взаимодействия с окружением слабы, никак не выделены и не могут быть эффективно использованы в процессах адаптации живого к окружению.

Поэтому в биологической эволюции возникла и совершенствовалась особая сенсорная система, позволяющая избирательно извлекать, передавать и усиливать жизненно важные воздействия окружения на живую систему. Одновременно с сенсорной системой возник центр переработки полезной информации, связанный с нервной системой, который, эволюционируя, преобразовался в конце концов в мощный мыслительный аппарат человека (мозг).

Сначала нервная система и ее сенсорные элементы представляли собой диффузно рассеянную по всему организму неупорядоченную нервную (информационную) сеть. Это характерно, например, для медуз (см. рис. 6.1,а).

Затем появляется внутренне упорядоченно взаимосвязанная центральная нервная структура в виде зачатков спинного мозга с утолщением в головной части («головной мозг»), что характерно, например, для плоского червя (рис. 6.1,б – червь Планария).

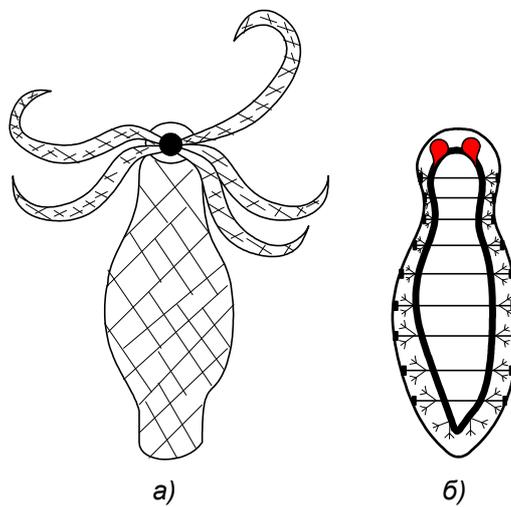


Рис. 6.1. Упрощенное представление перехода от диффузно рассеянной по всему организму нервной системы (а – система беспорядочно расположенных черточек) к упорядоченной нервной структуре (б – жирная линия с утолщением на верхнем конце)

На более поздних этапах эволюции возникали элементы избирательной высокочувствительной сенсорной системы. Сенсорная система человека включает:

- две многофункциональные взаимосвязанные очень чувствительные сенсорные системы «датчиков», воспринимающих электромагнитные волны длиной от 0,38 до 0,77 мкм, позволяющие определять направление распространения этих волн, их спектральный состав и интенсивность, оценивать дальность до источника излучения, получать представление о его размерах и форме (это наши глаза);
- два «датчика» акустических волн на частоты от ~10 до 20000 Гц (уши);
- «датчик» наличия в воздухе некоторых примесей (обоняние);
- система рецепторов, реагирующих на наличие некоторых веществ в жидкой среде (вкусовые ощущения) в полости рта;
- система распределенных в кожном покрове рецепторов, реагирующих на механическое и тепловое воздействие на тело человека (осязание).

Основные особенности биологических «датчиков» и их связь с нервной системой и мозгом подробнее рассмотрим на примере зрения млекопитающих. У млекопитающих (и человека) нет таких участков кожи, которые не реагировали бы на воздействие квантов электромагнитной энергии. Это один из каналов проявления эффекта отражения всех материальных объектов. Однако влияние одного кванта электромагнитного излучения заданной частоты ν , т.е. $h\nu$, на состояние кожного покрова обычно чрезвычайно слабо, не выделено из большого числа воздействий другой природы и, главное, практически не несет на себе информацию, которую организм может использовать для эффективной адаптации к условиям окружающей среды. Квант $h\nu$, поглощаясь кожным покровом, может несколько повысить его температуру, а квант достаточно жесткого излучения может произвести разрушения на молекулярном уровне. Организм при этом не получит представления о местоположении источника, его геометрических особенностях, удаленности, характере движения, пользе, вреде и опасности источника излучения для жизнедеятельности организма.

Между тем, информацию о всем перечисленном кванты электромагнитного излучения содержат. Более того, поток квантов от источника несет на себе его полный объемный образ. Поэтому в процессе эволюции живые организмы «выделили» и «приспособили» некоторые части своего тела специально для всесторонней реакции на воздействие квантов электромагнитной энергии с целью получить от них максимально возможный объем информации. Для млекопитающих такими частями организма являются глаза.

Глаз – сложнейшая оптическая сенсорная система. Он включает около 125 миллионов рецепторов, называемых палочками и колбочками – это нервные клетки, генерирующие электрические сигналы под действием квантов света. Глаз – весьма чувствительная сенсорная система, способная адаптироваться к восприятию как весьма слабых потоков квантов (единицы), так и потоков в 10^{12} раз более интенсивных, причем во всем диапазоне оптических волн от 0,38 до 0,77 мкм. Наибольшая чувствительность приходится на зеленые лучи, что соответствует максимуму излучения в спектре Солнца. Это объясняется тем, что именно на естественное солнечное излучение был ориентирован процесс эволюции оптической сенсорной системы организма.

Итак, у человека, отражающего (как любая материальная система) все внешние воздействия, возникла в процессе эволюции подсистема (глаза), избирательно и с весьма высокой чувствительностью отражающая воздействие электромагнитных волн, излучаемых Солнцем в диапазоне от 0,38 до 0,77 мкм. При этом глаза человека воспринимают не только прямые лучи от источника, но и лучи, отраженные несветящимися телами. Благодаря такой способности глаза, человек видит все освещенные тела.

Аналогичным образом всеобщее неизбирательное «отражательное» свойство неживой материи превратилось в биологических живых системах в слух, осязание и т.д., что на низшем уровне обеспечило появление различных видов раздражимости живого. На этой основе при дальнейшей эволюции возникла чувствительность как способность не только раздражаться, т.е. просто реагировать на факт наличия внешнего воздействия, но и формировать целостное ощущение о воздействии и его потенциальной опасности или пользе. Раздражимость свойственна и растениям, ощущение – только животным; у животных оно преобразуется в восприятие и представление. Ощущения, восприятие и представление – это основа психики, которая и есть результат эволюции в живом всеобщего свойства материи – отражения.

6.3. Нервная информационная система

Как упоминалось в 5-й лекции, в живых организмах и у человека имеется три информационных системы: гормональная, нервная, генетическая. В определенном смысле они напоминают информационные системы, созданные человеком на базе искусственных сенсорных систем и компьютеров. Эта мысль легко демонстрируется на примере нервной системы человека, обслуживающей оптический (зрительный) канал информации. Упрощенная схема зрительного канала информации представлена на рис. 6.2.

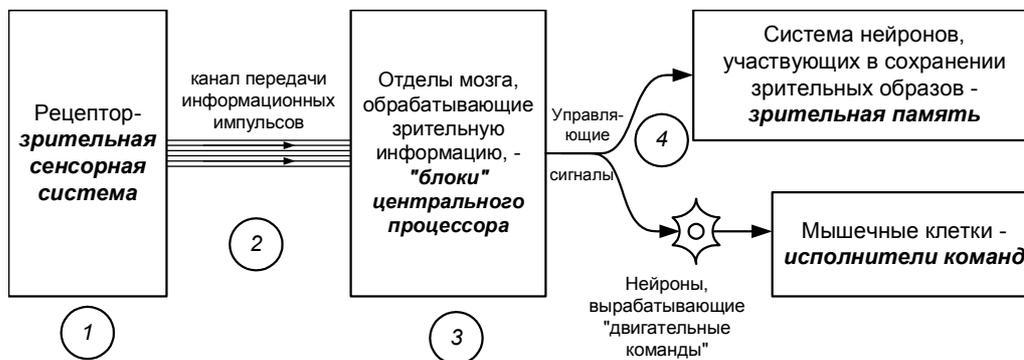


Рис. 6.2. Упрощенное представление биологической информационной системы, связанной со зрением человека

Основными «блоками» биологической информационной системы являются сенсорный блок (глаза) (1), каналы передачи информации (передачи зрительных нервных импульсов) (2), блок переработки информации, т.е. мозг (3), а также структуры, получающие и использующие управляющие сигналы. При необходимости полученная и переработанная информация может сохраняться в оперативной и долговременной памяти (4). Механизмы кратковременной и долговременной памяти в нашем мозге еще до конца не поняты. По-видимому, соответствует реальности предположение, что эти два вида памяти принципиально различны и то, что они непосредственно связаны с основными активными элементами – особыми клетками мозга – нейтронами. В мозге человека их более 10^{10} штук. Все они одинаковы в том, что содержат центральное шаровидное тело – ядро (см. рис. 6.3) и сотни тысяч химических веществ, включая тысячи ферментов-катализаторов, инициирующих огромное количество биохимических реакций, обеспечивающих функционирование нейрона. От тела нейрона отходит главный отросток в виде цилиндрической нити – нервное волокно, передающее нервный сигнал соседнему или более удаленным нейронам (аксон). Кроме аксона от тела клетки отходит множество других ветвящихся волокон (дендритов). Вся нервная клетка (ее тело, аксон, дендриты) покрыта общей клеточной мембраной.

Тело нейрона и дендриты получают информацию от других нейронов. Передача информации происходит через места максимального сближения отростков аксона одного нейрона с дендритами другого. Такие места называются синапсами.

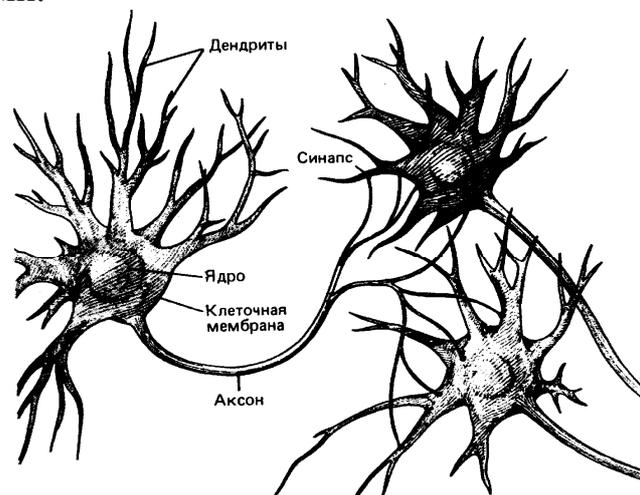


Рис. 6.3. Схематическое представление нейронов

В целом мозг человека состоит из больших полушарий, промежуточного мозга и мозгового ствола, называемым спинным мозгом. По происхождению мозговой ствол – самая древняя часть мозга. Он был уже достаточно развитым у пресмыкающихся, у которых остальные части мозга были лишь в зачаточном состоянии. Мозговой ствол обеспечивает инстинктивную реакцию живого на внешние раздражения. Мозговой ствол управляет также глотанием, кашлем, дыханием, сердцебиением, рефлексорными реакциями организма на внешние воздействия (например, одергивание руки от горячего предмета).

Над мозговым стволом расположен промежуточный мозг, где находятся центры обоняния, вкуса и эмоций. Это мозг тех млекопитающих, которые не имеют еще интеллектуальных способностей, присущих человеку. Возникновение эмоций было следующей после инстинктов ступенькой развития нервной системы животных. Новые способности возникли в результате развития верхней части мозга – больших полушарий. Большие полушария обеспечивают мышление человека, включая абстрактно-аналитическое (левое полушарие) и эмоционально-образное (правое).

Процесс мышления еще до конца не познан. Кроме того, трудно объяснить тот общепризнанный факт, что результаты мыслительной деятельности человека распадаются на две взаимно исключаящие друг друга группы. К одной относятся истинно научные адекватные природе вещей представления об окружающем мире, а ко второй – ошибочные, иллюзорные не адекватные природе вещей представления о том же. Это говорит, по-видимому, о противоречивости самого мышления. Указанную противоречивость наглядно можно проиллюстрировать простейшей кибернетической схемой процесса обработки информации в нашем сознании, представленной на рис. 6.4. В данной схеме используется некоторая аналогия между деятельностью нашего мозга (рис. 6.2) и функционированием компьютера.



Рис. 6.4. Простейшая кибернетическая схема процесса обработки информации в человеческом мозге

В обычном компьютере работа процессора определяется одним блоком управления, одной программой; наше мышление даже при отсутствии внешних побуждений (типа авторитетных мнений) подвержено при решении сложных проблем воздействию как минимум двух управляющих сигналов, проистекающих, например, из сознания и из подсознания. На схеме рисунка 6.4 указанные два источника сигналов условно названы блоками 1 и 2 – блоком рационального и блоком иррационального мышления. На самом деле таких сигналов может быть больше, особенно в случае сомнений в выборе путей решения проблемы. Сомнения вообще могут быть не связаны с проявлением подсознания. На сознание, на принятие решения могут

влиять различные «слои» прежнего опыта, или наличие сразу нескольких интересов, выбор между которыми затруднителен, набор противоречивых представлений о прямых и косвенных последствиях выбора и т.д. Однако не будем усложнять ситуации и ограничимся рассмотрением простейшего случая.

К управляющим сигналам от блока «рационального» мышления отнесем такие, которые формируются на верхних уровнях головного мозга с использованием проверенных предыдущим развитием науки знаний и методов. К «иррациональным» управляющим сигналам отнесем сигналы из подсознания (генетические «вирусы») и навязанные «внеаучным» примитивным опытом, существующими псевдоучениями и здравым смыслом, нажитым вне условий, в которых возникла решаемая проблема (вирусы привнесенные извне). Так, например, условия, породившие проблему квантованности в микромире, не могут рассматриваться в рамках здравого смысла, в рамках представлений классической механики. Все подобные «вирусы» приводят к сбоям в работе «процессора» – разума; вместо гипотез и научных теорий он порождает неконструктивные гипотезы и псевдонауки.

В обычном компьютере «вирусы» возникают не на стадии создания ЭВМ, а вносятся позднее злоумышленником или являются результатом случайной поломки машины. В «живом компьютере» первичные вирусы – неизбежная составляющая генетического кода человека и связаны с процессом эволюции мозга. Вторичные «вирусы» возникли при накоплении человеком опыта в условиях крайне ограниченной информации, поступающей через наши органы чувств, причем только от ближайшего макроскопического жизнеобеспечивающего окружения. Такое окружение составляет лишь исчезающе малую часть мира, которую мы обозначили на рис. 2.1, 2.2 и 2.3 кружочками и назвали «зоной жизни». Здравый смысл, сформировавшийся у человека при развитии его мышления в условиях «зоны жизни», породил множество «вирусов», которые привели ко многочисленным неверным учениям и бедам вплоть до наказания и уничтожения «инакомыслящих». Так, в 1633 г. Г. Галилей был осужден римской инквизицией, а Д. Бруно (в 1600 г.) – сожжен. Очевидно, что мышление инквизиторов находилось под влиянием «вирусов» религиозного происхождения. Следует упомянуть, что недавно Римская католическая церковь сняла с Г. Галилея судимость в связи с отсутствием состава преступления.

Если при обработке «процессором» нашего мозга внешней информации доминирует 1-й блок, поведение человека адекватно влиянию на него жизнеобеспечивающего окружения. Чем это доминирование сильнее, тем разумнее ведет себя человек, тем он «умнее», тем успешней может функционировать в любой сфере деятельности, включая научную и инженерную. Высокий уровень доминирования 1-го блока обеспечивается природными задатками, воспитанием, обучением, накоплением личного позитивного опыта. При этом особенно важны знания достижений современной науки и техники. Если в управлении «процессором» доминирует 2-й блок, то эффективность функционирования мозга как центра, управляющего деятельностью человека, резко падает и в пределе

могут возникать различные нарушения мыслительной деятельности человека вплоть до психических расстройств. Современное образование и особенно изучение фундаментальных наук способствуют усилению влияния на мышление человека управляющих импульсов из блока 1 (рис. 6.4) и ослаблению влияния помех мышлению («вирусов») из блока 2.

Итак, в процессе эволюции нервной системы возникло мышление человека, позволяющее познавать окружающий мир. Однако последовательность развития мозга оказалась такой, что при формировании его новых отделов, присущих Homo Sapiens, сохранились и те, которые были присущи неразумным предкам человека. Наличие сознания и подсознания в мыслительном аппарате человека снизило его возможность эффективно познавать окружающий мир. Этот недостаток индивидуального «аппарата» мышления компенсируется при построении всего здания современной науки познавательной деятельностью человечества в целом.

6.4. Современное естествознание и моделирование

Представления человека об окружающем мире никогда не бывают точными и полными копиями объективной реальности. Неполнота и приблизительность этих представлений – прямое следствие обсужденных ранее особенностей нашего восприятия и мышления. Указанные представления называются моделями. Следовательно, особенности нашего мышления таковы, что мы можем осмысливать и изучать мир не непосредственно, а путем построения абстрактных упрощенных моделей объектов и процессов окружающей нас объективной реальности.

Окружающая нас реальность – это сложнейшая, единая целостная и непрерывно эволюционирующая (за счет необозримого числа взаимосвязанных процессов) система – Вселенная. Попытки изучить Вселенную сразу как целостную систему бесперспективны. Поэтому во всех науках любые сложные системы и процессы стараются разложить на простейшие составляющие и каждую из них изучать в отдельности. Но и на этом пути сохраняется непреодолимый для познания реальности уровень сложности материальных систем, если не заменить каждый объект (процесс, взаимодействие) его упрощенной идеализированной копией – моделью.

Термин «модель» в широком понимании обозначает некий образ (материальный, мысленный или математический) изучаемого объекта, или наоборот – прообраз некоторого объекта, создаваемого человеком. В естественных науках и технике моделями называют искусственные вспомогательные объекты исследования, применяемые для анализа исходных реальных объектов. Создание, а затем изучение этих вспомогательных объектов называется моделированием.

Для моделирования характерно отбрасывание в рассматриваемом объекте или явлении всего несущественного, «лишнего», что мешает восприятию главного, существенного в них. Поэтому любая модель упрощает изучаемые оригиналы.

Существует два основных вида моделирования – идеальное и материальное.

При материальном моделировании главные качества получаемой и затем используемой модели обусловлены именно ее материальной

основой, вещественностью. Частным случаем материального моделирования является естественнонаучный эксперимент, так как при проведении эксперимента исследуемое явление воспроизводится в материальной форме. Можно привести примеры такого же рода моделирования и в различных областях практической деятельности. Скажем, следственный эксперимент, используемый в деятельности правоохранительных органов, относится к категории материального моделирования, как и естественнонаучный эксперимент. Другим типом материального моделирования являются всевозможные макеты, опытные образцы технических изделий. Например, с целью изучения динамических качеств будущего автомобиля создают модель его кузова для исследования в аэродинамической трубе.

При идеальном моделировании изучаемый объект заменяется мысленным представлением о нем, которое обычно воплощается в условном, символическом виде (математическая или иная форма записи). Это может быть мысленное представление, воплощенное в каком-либо понятии. Например, простыми, но тем не менее важными идеальными моделями естествознания являются модели материальной точки, броуновской частицы, идеального газа, химической реакции, деления клетки и др. Идеальной моделью является чертеж будущего изделия. Несмотря на то, что эта модель материализована в листе бумаги, ценность ее заключается все-таки в самой идее, заложенной в чертеж. К этому типу моделирования относится и бизнес-план в практической экономике, который является идеализированным прообразом предполагаемого (планируемого) экономического процесса. Важнейшим в случае идеального моделирования является представление явления с помощью математических уравнений или каком-либо другом символическом виде.

Некоторые модели в естественных науках оказываются пригодными для использования не только в рамках одной теории, описывающей какой-либо один класс природных процессов или объектов, а и во множестве других случаев. Поэтому такие модели (или модельные представления) в естествознании называются **фундаментальными**. Так, **модель корпускулы** в разных вариантах используется для построения множества теорий самых различных природных явлений. Это и модельное представление о материальной точке в механике, и более общее представление о физической частице, используемое (в разных вариантах) во многих других областях физики (пример – понятие фотона как частицы света). Истоки модели корпускулы – в атомистической концепции, зародившейся в античной науке. К фундаментальным моделям физики относится и **модель сплошной среды**. Ее использование лежит в основе рассмотрения многих явлений в жидкостях, газах, в основе описания волновых процессов. Эта модель альтернативна модели корпускулы. Есть свои фундаментальные модели и в других естественных науках. В химии, например, такими являются модельные понятия вещества, химической реакции, валентности. В биологии фундаментальностью обладают модельные понятия клетки, органа, обмена веществ, биологического вида, биосферы и т.д.

Фундаментальность ряда моделей обусловлена существованием глубоких аналогий между отдельными явлениями в природе. Это и дает

возможность использовать общие модели для их описания. Следует отметить, что фундаментальное единство всего материального мира приводит к тому, что аналогии прослеживаются также и между казалось бы совершенно разнородными явлениями в природе и сфере общественных отношений. Поэтому становится возможным использование ряда модельных представлений естествознания для описания социальных явлений. Перспективными в этом отношении представляются, например, модели, созданные в одной из новейших областей – синергетике.

Моделирование в естествознании и технике обладает той особенностью, что в этих сферах широко используют язык формализованного, математического описания. **Описание моделируемого явления с помощью языка математики называется математическим моделированием.** Современная естественнонаучная теория, как правило, содержит в качестве важнейшего элемента математическую модель явления или систему математических моделей.

Точность сведений о явлении, которые получают на основе анализа добротной математической модели, бывает настолько велика, что в ряде случаев такие сведения считаются более надежными, нежели результаты соответствующих экспериментов. Например, расчетам явлений, возникающих при входе космических аппаратов в атмосферу, доверяют больше, чем экспериментам, имитирующим эти явления. Автоматическая стыковка орбитальных космических аппаратов на основе компьютерного управления с использованием математической модели этого процесса оказывается более предпочтительной, чем выполнение этой операции под непосредственным управлением человека.

В процессе развития естествознания и, прежде всего, физики происходит усложнение и обобщение моделей. Главная причина этого – в расширении фактической базы, на которой строятся модели. Модели должны учитывать все более широкий круг экспериментальных и наблюдательных фактов. Отдельные модели стали складываться в систему. Появились принципы логического построения *системы моделей*. **Создание более общих моделей, теорий, опирающихся на расширенный набор данных, приводит к поглощению одной модели другой, к включению старой теории в новую.**

В тех случаях, когда установлена часть количественных взаимосвязей между величинами, характеризующими явление (то есть некие базовые уравнения, на основе которых может быть построена его математическая модель), дополнительную информацию о явлении можно получить в ходе так называемого *вычислительного эксперимента* с математической моделью, выполняемого взамен натурального эксперимента с реальным явлением. Результатом становятся новые функциональные зависимости, описывающие ранее неизвестные стороны изучаемого явления, или прогноз развития процессов.

С появлением мощных электронно-вычислительных машин практически любой вычислительный эксперимент выполняют с помощью компьютеров. В результате инструментарий теоретических исследований пополнился разновидностью вычислительного эксперимента, получившего название *компьютерного эксперимента* или *компьютерного*

моделирования. (Теперь уже можно считать синонимами термины «вычислительный эксперимент», «компьютерный эксперимент», «компьютерное моделирование»). Зародившись в прикладной физике, этот эффективный метод исследования распространился и на другие области естествознания, на инженерные, экономические и некоторые социальные науки.

По мере развития науки и техники, а также социально-экономических отношений человек все чаще сталкивается с необходимостью изучения объектов и процессов, прямое экспериментальное исследование которых невозможно или сильно затруднено. Такими объектами являются, например, геофизические, метеорологические и космические процессы, некоторые технологические системы ядерной энергетики и элементы ядерного вооружения, экологические системы, находящиеся под воздействием мощных техногенных факторов, крупные социальные и экономические системы и т.д. В подобных случаях компьютерное моделирование становится почти единственной возможностью детального изучения явлений с целью получения научно обоснованных прогнозов поведения таких объектов и систем. **В ходе вычислительного эксперимента работа не с самим объектом, а его моделью позволяет быстро и без существенных затрат исследовать его свойства и поведение во всех мысленных ситуациях.**

Естествознание добилось заметных успехов в разработке методики компьютерного моделирования и исследования с его помощью конкретных явлений и процессов. Так, в настоящее время с его помощью практически полностью выполняется исследование физики ядерных взрывов (натурные испытания в этой области ограничены международными соглашениями). Построены модели многих сложных техногенных процессов, экологических систем. На очереди разработка компьютерных моделей социальных процессов, что представляет собой невероятно трудную задачу. Привнесение в эту сферу «точного» моделирования помогает дополнить им интуитивное умозрительное «моделирование», расширяет поле приложения рациональных методов, отработанных в естествознании.

Успех компьютерного моделирования зависит в первую очередь от умения поставить вопрос, сформулировать его в математическом виде. Это непросто, если речь идет о процессах в сложных природных системах. Но неизмеримо сложнее моделирование процессов в социальных системах. Поэтому построение полноценных компьютерных моделей, а затем теорий общественных процессов на основе математических моделей представляется делом будущего. Использование опыта, накопленного в области моделирования естествознанием, несомненно поможет решению этой проблемы. Методика моделирования (как экспериментального, так и теоретического) достигла в естествознании столь высокого уровня, что **умение заменять сложные природные явления их моделями, более пригодными для изучения, можно назвать искусством – искусством моделирования.**

Моделирование – универсальный метод познания во всех сферах научной, инженерной, социальной, экономической, образовательной деятельности человека, а также в искусстве.

Интересно отметить, что все искусство – это область идеального моделирования. Представление об искусстве как о моделировании может служить своеобразным ключом к пониманию искусства. Модели в искусстве, являясь идеальными, тем не менее резко отличаются от идеальных моделей в естествознании и технике своей целостностью. В то же время, в искусстве, как и в научно-техническом моделировании, определяющим является отбрасывание несущественного. «Отбрось случайные черты и ты увидишь – мир прекрасен». Эти известные строки поэта в художественной форме точно передают суть и цель моделирования как общего инструмента отображения человеком окружающего мира.

Однако моделирование в глазах специалиста в области естественных наук (или техники) и в глазах гуманитария представляется несколько разным. Для естествознателя это прежде всего стремление к максимальному упрощению исследуемого объекта (насколько это возможно при сохранении правдоподобия модели) и сохранения в нем главного. Для гуманитария важно отображение целостного явления (в случае искусства это так называемый художественный образ). Упрощение, отбрасывание второстепенного служит в этом случае средством подчеркивания целостности отображаемого.

Итак, в ходе любой познавательной деятельности человек создает модели объектов и процессов природы, а затем последовательно совершенствует эти модели с целью все более полного и точного отражения реальности. Описанный процесс познания бесконечен и постепенно приближает нас к постижению абсолютной истины. Метод моделирования полностью соответствует особенностям нашего мышления. Моделирование возникло на ранней стадии эволюции мозга с появлением абстрактного мышления и впервые стало осознанно и массово применяться в физике. Поэтому в одном из определений физики утверждается, что «физика – это искусство моделирования». По мнению академика Моисеева Н.Н. «Ничего другого, по своей целостности и логике сравнимого с системой моделей в физике, человечество еще не придумало».

Методы моделирования явно или опосредованно излагаются и используются практически во всех инженерных дисциплинах.

6.5. Контрольные вопросы

1. *Что такое состояние системы? Приведите примеры.*
2. *Что такое отражательная способность материальных систем?*
3. *Каков механизм отражения одних систем другими?*
4. *Почему и как общая отражательная способность материи преобразовывалась в ходе эволюции живого в избирательную сенсорную систему?*
5. *В каком направлении эволюционировала нервная система в биологических объектах?*
6. *Опишите особенности человеческого глаза как сенсорной системы.*
7. *Может ли человек видеть с закрытыми глазами, например, пальцами?*
8. *Какие виды восприятия окружения возникли в биологических объектах в процессе эволюции в живом всеобщего свойства материи, называемой «отражение»?*
9. *Какие информационные системы присущи живому?*
10. *Представьте схематически и поясните на примере зрения человека функционирование его биологической информационной системы.*
11. *Опишите принцип функционирования зрительной сенсорной системы человека.*
12. *Что такое нейрон, как он функционирует?*
13. *Дать общие представления о структуре нашего мозга.*
14. *В чем основная объективная причина многовариантности результатов обработки нашим мозгом одной и той же внешней информации при познании окружающего мира?*
15. *Что такое модель, моделирование?*
16. *Какова связь построения моделей с особенностью нашего мышления?*
17. *Какова связь моделирования с объективной реальностью и ее познанием человека?*
18. *Что такое материальное моделирование? Приведите примеры.*
19. *Что такое идеальное моделирование? Приведите примеры.*
20. *Какие модели относят к фундаментальным?*
21. *Что такое компьютерный (вычислительный) эксперимент, компьютерное моделирование?*
22. *Сопоставьте моделирование в научном, инженерном, социальном, экономическом видах деятельности, а также в искусстве.*

ЛЕКЦИЯ 7. ПРОБЛЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ

7.1. Особенности «производства» знаний о природе

В земных условиях производством знаний занимается человек. В настоящее время производство достоверных научных знаний может обеспечить профессионал, действующий в коллективе критически настроенных к результатам деятельности друг друга профессионалов. Ценные находки одиночек-любителей в принципе возможны, но вероятность подобных находок крайне мала и с расширением и углублением наших знаний о природе становится все меньше.

Достоверными знаниями являются лишь те, которые имеют доказательную экспериментальную базу и теоретическое обоснование. Такие знания «производятся» на основе общепринятой и проверенной многими поколениями ученых методики. Приведенная ниже методика лежит в основе создания любых истинно научных теорий. Эта методика включает:

1. Проведение первичных экспериментов (или наблюдений), удовлетворяющих жестким требованиям воспроизводимости результатов независимыми исследователями.

2. Построение гипотез, потенциально пригодных для объяснения результатов первичных экспериментов (рабочие гипотезы).

3. Проведение экспериментов, позволяющих выбрать наиболее конструктивную гипотезу (или гипотезы). Такие эксперименты называют решающими.

4. Построение на основе выбранной гипотезы теории, объясняющей результаты проведенных экспериментов. (На этом этапе возможно построение нескольких альтернативных теорий).

5. Проведение независимыми исследователями многосторонней и многократной проверки всех выводов теории; истинная теория должна обладать безупречной предсказательной «силой». На этом этапе проверяется также подчинение новой теории принципу соответствия; новая теория должна совпадать с прежней в условиях, при которых прежняя подтверждена экспериментально.

Только описанная методика открывает возможность создавать истинные теории в области естественных наук. Такие теории в сочетании с экспериментальными исследованиями дают принципиальную возможность «производить» новые достоверные научные знания. Однако обычно указанная возможность реализуется в процессе сложной борьбы различных мнений, идей, гипотез, учений, из которых лишь немногие приводят к построению научных теорий. Это объясняется тем, что развитие науки опирается не только на объективную реальность (объект науки), но и на субъективное начало (человек, творец науки). Субъективность исследователя не позволяет реализовать процесс познания без стадии проб и ошибок, иллюзий и заблуждений.

Типичная субъективная причина научных ошибок и заблуждений – это стремление исследователя как можно быстрее и в полном объеме решить возникшую научную проблему; значимость полученных им результатов исследователь склонен преувеличивать и максимально расширять область их применимости. При этом не все исследователи строго и полностью выполняют требования описанной выше методики построения новой теории.

В результате создаются недостаточно обоснованные и даже ошибочные теоретические построения, которые далеко не сразу уступают свои позиции правильным теориям. Так астрология существовала тысячелетия, алхимия – века, многие десятки лет пользовались теорией теплорода; в наше время больше десяти лет просуществовали «теоретические» объяснения ошибочных опытов по так называемому холодному синтезу и т.д.

Обычно недостаточно обоснованные теории проявляют себя как «естественные» отходы «производства знаний». Если сюда добавить давние и новейшие псевдонаучные построения (астрологию, уфологию, парапсихологию и т.д.), то становится очевидным, что интеллектуальная сфера обитания человека не менее загрязнена вредными отходами его мыслительной деятельности, чем окружающая среда – отходами производственной деятельности. Между тем, отходы интеллектуальной деятельности человека способны также уничтожить современное человеческое общество, как и отходы производственной деятельности человека. Это подтверждается, например, разрушающим действием на волю, интеллект и дееспособность человека его участием в религиозных сектах.

Борьбой за чистоту окружающей среды занимаются, как известно, многочисленные природоохранные государственные структуры и общественные организации. Существует научное направление и учебная дисциплина «Экология человека», рассматривающие различные аспекты того вреда, который сопряжен с загрязнением среды обитания человека отходами производства. В то же время вопросами охраны «чистоты» интеллектуальной сферы деятельности человека, борьбой с псевдонауками и лженаучными теориями целенаправленно не занимается никто. Одной из многих причин такого положения стала «аллергия» общества к любым посторонним вмешательствам в интеллектуальную сферу. Эта аллергия обусловлена примитивной практикой такого вмешательства, основанной на идеологических установках, использовавшаяся в недавнем прошлом. Требуются иные подходы. Такие подходы должны зарождаться и действовать в первую очередь в научной и образовательной сферах. Соответствующий процесс начался. Российская академия наук создала специальный комитет, в вузах начато и расширяется преподавание курсов «Концепции современного естествознания», «Современное естествознание», в которых вопросы отношения науки и псевдонаук должны глубоко анализироваться.

По-видимому, назрела необходимость создавать специальные лаборатории, определяющие интеллектуальную «токсичность» отходов интеллектуальной деятельности человека. Мерой потенциальной «вредности» данного учения можно, например, считать степень невыполнения описанной в начале параграфа методики построения верной теории. Например, астрология не имеет экспериментальной базы и теоретического обоснования, не обладает предсказательной силой. Следовательно, ее потенциальная «вредность» весьма велика.

7.2. Причины появления искаженных представлений об окружающем мире

Первая причина появления искаженных представлений об окружающем мире связана с той особенностью развития науки, которая обсуждена в предыдущем параграфе. Ее основы опираются на недостаток нашего мышления, проанализированный в 6-й лекции с помощью простейшей кибернетической схемы мыслительной деятельности человека.

Существуют и другие причины возникновения псевдонаучных построений «загрязняющих» интеллектуальную сферу человеческого общества. В основном эти причины психологические и связаны с интересами людей. Для одних псевдоучения – источник наживы или возможность влияния на людей, для других – способ самовыражения, для третьих – искренние заблуждения, обычно связанные с недостатком знаний в той области, в которой автор решил осчастливить человечество собственными «открытиями».

Чаще других проявляются коммерческие интересы, а также разлад между непреодолимым желанием «творить» в области науки и недостаточной подготовленностью для такого вида творчества.

Отходы интеллектуальной деятельности человека можно разделить на тупиковые (неправильные) варианты научных теорий, возникающие на стадии становления единственно правильной теории и на не имеющие экспериментальной базы и строгого теоретического обоснования умозрительного построения. Последние назовем антинаукой. Антинауку можно разделить на лженауку, псевдонауку и «искренние» заблуждения дилетантов. В этом перечне антинаук «злонамеренность» создавших их авторов убывает: создатели лженаук в угоду своим личным интересам осознанно искажают истину и активно навязывают свои взгляды обществу; заблуждающиеся истину искажают, «не ведая, что творят» и обычно не агрессивны в своих заблуждениях. И те, и другие обслуживают свои интересы: первые собственную корысть, вторые – любопытство. Далее для простоты лженауки, псевдонауки и заблуждения не будем разделять и будем называть псевдонауками. Авторы многих псевдонаук обычно откликаются на какую-либо «вечную» потребность людей, например, потребность узнать свою судьбу (астрология, хиромантия и т.п.), угадать мысли, понять желания других людей (телепатия, ясновидение), удивить окружающих (телекинез, божественные чудеса), получить бессмертие (религии) и т.д.

Распространению псевдонаук, а также различных околонуучных и религиозных учений способствуют невежество и любопытство людей, их стремление к необычному с одной стороны и стремление деятелей массовой печати к добыче и распространению сенсаций любого толка. В настоящее время число и тиражи книг, посвященных псевдонаукам значительно превышают тиражи учебников для вузов. Следует отметить, что деятельность по предотвращению ядовитого потока любых техногенных загрязнений природы наверняка будет поддержана всеми слоями населения. Напротив, подобная деятельность по предотвращению столь же «ядовитого» потока загрязнения интеллектуальной сферы в некоторых слоях населения вызывает неприятие; появляются заявления о подавлении свободы слова, свободы придерживаться в науке различных мнений и т.д.

Такая ситуация существенно затрудняет мероприятия по устранению загрязнения интеллектуальной сферы отходами «производства» знаний.

7.3. Перечень околонуучных построений

В настоящее время отходы интеллектуальной деятельности трудно обозримы. Вот только некоторые из околонуучных построений.

1. Астрология – учение о предсказании будущего людей на основе наблюдений звездного неба.

2. Уфология (UFO – Unidentified Flying Objects – учение о неопознанных летающих объектах).

3. Хиромантия – предсказание судеб людей по линиям их рук.

4. Парапсихология, к которой можно отнести целую группу «учений»: телепатия, телекинез, левитация, ясновидение).

5. Экстрасенсорика, претендующая на особую эффективность в медицине и других областях.

6. Психотроника – принципиально новый вид энергетики, связанный с психологической деятельностью особых людей.

7. Бесовщина – «учение», посвященное описанию деятельности мифических существ: бесов, леших, домовых, барабашек и т.д.

8. Спиритизм – обобщенное название различных видов гадания: на кофейной гуще, картах, духов умерших людей и т.д.

9. Учение об особых (якобы объективно существующих) информационных полях, из которых посвященные могут извлекать сведения обо всем в прошлом, настоящем и будущем.

10. Учение о времени – хрональное поле, связанное с энергетикой «пространства, содержащее в себе сразу и прошлое», и настоящее, и будущее в качестве реальных сущностей.

11. Луноведение – учение, утверждающее, что влияние луны на человека и общество является определяющим и судьбоносным.

12. Нумерология – учение, придающее числам, их сочетаниям, специальным расчетам глубокий смысл, связанный с реальными событиями.

13. Эзотерическое учение – особый вид обрядов избранного круга посвященных.

14. Учение и практика лозоискательства, позволяющие особым людям обнаруживать наличие водоносных слоев, рудных залежей, нефтяных месторождений и т.д. с помощью металлической рамки простой конструкции или лозы, которые самопроизвольно разворачиваются в руках, указывая, где под поверхностью земли расположен объект поиска.

15. Магия, оккультные науки – учения, все объясняющие с помощью мистики.

16. Филиппинская хирургия – «бескровная» и не использующая инструментов хирургия пальцами особых умельцев.

17. Учение о судьбоносности личных вещей – зеркал (в которых информация о будущем владельца содержится в информации о прошлом), колец (передающих негативную и позитивную энергию от прежнего хозяина к новому и определяющее его судьбу) и т.д.

18. Нетрадиционное целительство: совокупность методов нетрадиционной медицины, позволяющих неграмотным в медицине людям

ставить точные диагнозы (в том числе по фото, голосу, почерку и т.д.), быстро и полностью излечивать больных.

19. Учение о силах, энергии и информации, черпаемых посвященными людьми-контактерами из «тонкого», «не проявленного» мира.

20. Учение о земном излучении, о наличии особых геопатогенных зонах, о глобальных координатных сетках на поверхности Земли, об энергетическом каркасе Земли, о способах выбора для жизни, сна, строительства благоприятных мест в этих зонах, сетках и т.д.

21. Все религии. Религии – это «учения», не имеющие экспериментальной базы и теоретических обоснований, основанные исключительно на вере (Тертуллиан – «Верую, ибо абсурдно»; Аврелий Блаженный – «Лучше всего Бог познается через незнание»). Естественным образом религии возникали и «расцветали» в период невежества («младенчества») народов (которое соответствует интуитивному восприятию жизни, свойственному детям до 10 лет). В наше время религия – это или постепенно отмирающая традиция (в западных цивилизованных странах), или мода и реакция на прежние запреты (в бывших коммунистических странах).

7.4. Отличительные признаки лжеучений

Далеко не всегда можно отличить от науки псевдоучение в момент его зарождения. Однако на стадии окончательного становления псевдоучение выдает себя рядом легко обнаружимых признаков:

1. Несоблюдение методики построения новой научной теории, описанной в п. 7.1. Достаточно обнаружить невыполнение 1, 3 и 5-го требований этой методики, чтобы убедиться в несостоятельности предложенной теории.

2. «Исчезновение» или изменение рассматриваемого псевдоучения ничего не изменяет в нашей жизни. Напротив, «исчезновение» истинной науки или изменение ее законов, катастрофически изменит нашу жизнь и может отбросить ее в условия каменного века. Например, при исчезновении квантовой механики или изменение ее законов должны «исчезнуть»: радиосвязь, лазерная техника, плазменная технология, компьютеры, мобильные телефоны, атомная энергетика и многое, многое другое. Если же исчезнет вся наука, то мы вернемся в условия каменного века, т.к. «исчезнет» все, что создает современная промышленность вплоть до шариковой ручки и тонометра.

3. Псевдонауки не вписываются в общую систему знаний, накопленных за сотни лет в трудах многих десятков поколений ученых и интегрированных в современном естествознании. Псевдонауки не отвечают принципу соответствия; они не переходят в другие науки в условиях, при которых эти науки безупречно подтверждаются экспериментом.

4. Псевдонауки не способны продемонстрировать воспроизводимость, повторяемость своих выводов; не выдерживают испытание проверкой объективно настроенных добросовестных исследователей; не обладают предсказательной силой (хотя часто и претендуют на нее).

5. Псевдонауки обычно носят качественный характер, они не содержат легко проверяемые конкретные количественные выводы; в них обычно не

доказываются теоремы, не формулируются законы, не выводятся формулы, не вводятся новые единицы измерения и отсутствует конкретика, свойственная наукам.

6. Псевдонауки статичны, возникнув, не развиваются по своему содержанию, изменяется (осовременивается) только используемая терминология. Одно и то же содержание псевдонауки сохраняется десятками и сотнями лет, а иногда тысячелетиями (астрология).

7. Псевдонаука, как правило, доступна пониманию и «истинному» толкованию только избранным, особым людям («посвященным», «контактерам» и т.п.), людям с исключительной чувствительностью, психикой, энергетикой и т.д., что не находит объяснения ни на основе здравого смысла, ни на основе науки.. Эта «особость» не может быть проверена объективными методами, а лишь провозглашается самим «посвященным» или его ближайшими соратниками.

8. Обычно псевдоучение обращено к недостаточно образованным людям или людям, не склонным к критическому восприятию любой информации, к людям, «ожидаящим» чуда. В отличие от науки, псевдоучение не стремится убедить в своей правоте всех. Они избегают внимания критически настроенных людей. Наука, напротив, всегда заинтересована в своем совершенствовании через конструктивную критику.

9. Псевдонауки обычно обещают людям какие-либо (платные) услуги. Это могут быть услуги в области: медицины (нетрадиционная медицина), психологической поддержки (экстрасенсорика, религии), предсказаний судьбы (хиромантия, астрология), отношений между людьми (приворот, снятие порчи), поиска потерь, пропажи, преступников (ясновидение) и т.д. Коммерческая направленность – важный признак псевдонауки (хотя и не обязательный).

7.5. Астрология как псевдонаука

В качестве примера типичной псевдонауки рассмотрим астрологию. С легкой руки Иоганна Кеплера ее называют глупой дочерью мудрой астрономии. Однако при всей своей глупости она весьма хитромудрая и насквозь пропитана стяжательством. Она пытается предсказывать судьбу и отдельных людей, и целых государств. Она собирает подать как с частных лиц, так и с правителей. За это ее поддерживали и некоторые астрономы. В настоящее время коммерческая агрессивность астрологии значительно возросла. Например, трудно перечислить газеты, в которых публикуются (и не бесплатно) астрологические календари.

Астрология – псевдоучение, претендующее на способность предсказывать судьбы людей, исход любых предпринимаемых ими действий, будущее целых народов и государств по расположению небесных светил. Покажем, однако, что ни экспериментальной базы, ни теоретического обоснования, ни подтверждений проверкой результатов предсказаний у астрологии нет.

Астрология – одно из древнейших псевдоучений. Самые ранние письменные «указания» астрологии (таблицы Саргона I из Эгеди) относятся к 3800 годам до н.э.

Астрология зародилась как одно из проявлений мистических языческих поверий, в которых люди обожествляли многие объекты окружающего мира, не понимая еще их природу и возможное реальное влияние на человека. Обожествление касалось и небесных тел, например, Солнца, Луны, звезд. Это обожествление имело и «объективную» причину – все видели как движение Солнца и звезд предопределяет наступление суточных и сезонных перемен. Можно ли было в условиях необъяснимых глобальных влияний неба на Землю не поверить в его влияние на мелкие перемены в судьбе отдельного человека?

В результате изучения звездного неба возникла в древности и настоящая наука о строении, движении и развитии небесных тел – астрономия. В наше время – это одна из мощнейших естественных наук. Она твердо основана на громадном фактическом материале, предельно математизирована, обеспечена современными методами компьютерного моделирования, расчетов и оснащена разнообразной сверхчувствительной наблюдательной и измерительной аппаратурой. Астрономия – быстро развивающаяся и постоянно обновляющаяся наука: она открывает все новые небесные тела, все достовернее и полнее описывает Вселенную, ее происхождение и эволюцию, разрабатывает все новые наблюдательные инструменты для познания окружающего нас мегамира. Астрология – законсервированное, не развивающееся в своей основе псевдоучение. Осовременивается лишь терминология. Например, вместо термина «астрология» все чаще начинает использоваться понятие «космобиология» или «современная научная астрология». Астрологи стали утверждать, что «космобиология» – это наука, изучающая гармонию внутренних ритмов человека и внешних ритмов космоса (не давая, однако, строгих научных определений используемых терминов).

Теперь покажем, что у астрологии нет экспериментальной базы и она не имеет теоретического обоснования.

В наше время астрология, наконец, «нашла» неотразимый аргумент в свою пользу в одной из основных концепций современного естествознания о том, что в мире «все связано со всем». Действительно, твердо установлено, что Веленная представляет собой единую целостную систему, в частности, благодаря тому, что все объекты во Вселенной связаны между собой различными видами реальных взаимодействий. В абстрактно-теоретическом плане и звезды воздействуют на человека. Однако реально только одна звезда – наше Солнце влияет на человека определяющим образом. Остальные звезды слишком далеко от нас; от ближайшей из них свет идет 4,2 года (что соответствует расстоянию примерно $4 \cdot 10^{13}$ км) (α -Центавра). Планеты ближе, но они слишком малы. Так масса одной из астрологически судьбоносных и ближайших к нам планет Марса составляет лишь три миллионных долей массы Солнца при среднем расстоянии между Марсом и Землей $\sim 8 \cdot 10^7$ км. Следовательно, воздействие гравитационного поля Марса на людей меньше воздействия Земли примерно в миллиард раз. Если астрологи не учитывают воздействие гравитации Земли на судьбу человека, то очевидно, что учет гравитационного воздействия Марса на человека совершенно абсурден. Электромагнитное воздействие планет на человека еще более ничтожно, а ядерное и слабое отсутствует, т.к. они

простираются на расстояние не более, чем 10^{-13} см.

Итак, нет никаких реальных каналов воздействия планет на человека – ни одна из 4-х фундаментальных сил, обеспечивающих взаимодействие всего со всем, не может быть использована в качестве экспериментальной базы или теоретического обоснования астрологии. Иными словами, астрология не стала и не может стать наукой. Более того, она не превратилась и в классическое верование, в котором обожествляют мифическую силу реальных объектов. Астрология же оперирует в основном не самими объектами природы, например, небесными телами, а лишь условными построениями, связанными с этими объектами. Коснемся только одного из главных для астрологии построений – созвездий. Представление о созвездиях введено в астрономии произвольно исключительно для упрощения ориентировки наблюдателя в отыскании положений звезд на небе. Для этого небесная сфера условно разделена на отдельные участки – созвездия так, чтобы каждый можно было быстро находить по какой-либо группе достаточно ярких звезд. Выбранная группа вовсе не является системой взаимосвязанных звезд; лишь их проекции на небосвод располагаются на одном участке (в одном созвездии). Кроме того, эти проекции отражают не одномоментные, а существенно разновременные положения звезд, так как свет от них до Земли доходит за различные интервалы времени.

Созвездий 88, но для своих предсказаний астрология использует только так называемые зодиакальные; остальные ничем не хуже, но влиять на судьбы людей им «запрещено». Зодиакальных созвездий 13, но созвездие «Змеелов» (или «Змееносец») введено астрономами позже создания астрологических методик и поэтому астрологией игнорируется. Игнорирует астрология введение (1875 г.) в астрономии новых границ созвездий, а также наличие таких планет как Уран, Нептун и Плутон (открытый в 1930 г.). Более того, из-за прецессии Земли положения созвездий изменяются; к настоящему времени, например, созвездие Овна приходится на прежнее положение созвездия Рыб. Изменение положений созвездий должно сопровождаться изменениями гороскопов, что основоположниками астрологии не предусмотрено.

Изложенное показывает, что декларируемая современной астрологией в свое оправдание концепция «все в мире связано со всем» в действительности не используется, так как астрология оперирует не реальными объектами (например, звездами), а лишь некоторыми условными абстрактными построениями, связанными с методикой наблюдения этих объектов астрономами. В итоге устраняется всякая связь астрологических прогнозов с реальным миром, т.е. у астрологии нет экспериментальной базы, а, следовательно, и не может быть научного обоснования.

Далее, анализ (с помощью компьютерного моделирования) показал, что все гороскопы распадаются на сравнительно небольшое число различающихся по содержанию групп. В итоге один тип гороскопа приходится примерно на 400 миллионов человек. Это означает, например, что, если все женщины мира решат родить ребенка 9-го января, то все появившиеся дети будут «находиться под влиянием Марса и Сатурна и получают «с точки зрения здоровья хороший жизненный старт и

великолепную конституцию». Если же кто-то появится на свет «не по плану», а всего лишь на 1 день раньше, т.е. 8-го января, то его ожидают «отказы внутренних органов, повреждения нижних конечностей тела, слабость и вывихи лодыжек, повреждения позвоночника» и т.д. Однако есть выход. Достаточно задержать роды всего на сутки и гороскоп будет оптимистический. Современная медицина позволяет это сделать. Иными словами, медики имеют возможность «управлять» знаками зодиака с помощью таблеток.

Декламируемое астрологией сравнительно небольшое число гороскопов, т.е. различных судеб, противоречит тысячам взаимосвязей, условий, жизненных коллизий, определяющим образом влияющих на здоровье, воспитание, выбор профессий людей и вообще на весь жизненный путь человека.

Наконец остановимся на «предсказательной силе» астрологии.

1. Американский физик Дж. Мак-Джевери изучил распределение дат рождения 17 тысяч ученых и 6 тысяч политических деятелей (за последние 200 лет) относительно зодиакальных знаков. Распределение их судеб оказалось совершенно случайным и не соответствовало астрологическим прогнозам.

2. Французский статистик Мишель Оклене изучил архивные данные о 41 тысяче жителей Европы (16 тысяч известных и 25 тысяч обычных людей) и установил «абсолютную лживость гороскопов».

3. Психолог Б. Сильвермен изучал влияние знаков зодиака 2978 супругов на вероятность их браков и разводов (478). Астрологические предсказания не оправдались в 99 % случаев.

4. Испанский социолог Педро Хоселонга проанализировал пророчества на игроков, нанимаемых футбольными клубами Испании и Латинской Америки. «Ошибки оказались ужасающими». Никто из звездочетов не смог заключить повторный контракт с той же командой.

Астрологи отлично понимают несостоятельность своих предсказаний и составляют любой гороскоп в туманных выражениях, чтобы каждый адресат мог увидеть в нем свою судьбу. М. Оклене разослал 150 адресатам копии гороскопа, отвечающему знаку Овна (много дальних поездок, казенные хлопоты, неожиданное разрешение денежных затруднений и тому подобное); 94 % адресатов, родившихся под разными другими знаками зодиака, отметили, что присланное им предсказание правильно описывает их судьбу.

Астрологи супруги Глоба по гороскопу предсказали «точную» официальную дату рождения И. Сталина – 21 декабря 1879 г., но в скорости были обнаружены подлинные церковные книги, из которых следовало, что Сталин родился 6 декабря 1878 г.

Существует необозримое множество доказательств того, что предсказания астрологов несостоятельны. В саморекламе астрологи оперируют лишь примерами редких удач и замалчивают обилие неудачных предсказаний или извлекают из этого обилия только «нужные» примеры.

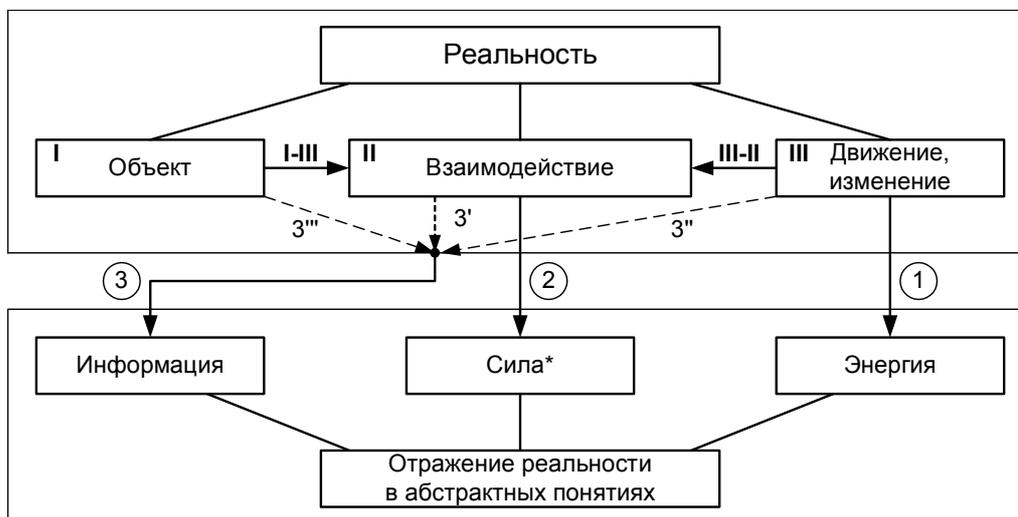
Иногда астрологи защищают право на свою деятельность ссылками на то, что астрологией занимались великие астрономы. Однако астрономы были вынуждены заниматься этой деятельностью обычно лишь для

заработка. Например, Кеплер писал: «Конечно, астрология – глупая дочка. Но боже мой, куда бы делась ее мать, высокомудная астрономия, если бы у нее не было глупой дочки. Жалованье ученого так ничтожно, что мать, наверное, голодала бы, если бы дочь ничего не зарабатывала».

В заключение отметим, что в 1996 г. в США создан просветительских фонд Джеймса Рэнди, который назначил премию в один миллион долларов всякому, кто сумеет продемонстрировать комиссии под руководством Рэнди необычные способности в области экстрасенсорики, телекинеза, хиромантии, лозоведения, астрологии, «прилипания предметов к телу», и пока не один из решившихся обратиться в эту комиссию не выдержал испытания. Подавляющее большинство кудесников, включая всех самых знаменитых, просто не решились выступить перед комиссией Рэнди.

7.6. Объекты реальности и «предметы» мысли

Уже отмечалось, что материя проявляется в виде трех сущностей: объекты, их взаимодействие и их движение (развитие), что представлено на рис. 7.1 (см. также рис. 2.5).



* Для механических видов взаимодействия

Рис. 7.1. Схематическое представление взаимосвязей реальности и отражения реальности в абстрактных понятиях

На схеме приведены три составляющие, три материальные сущности объективной реальности: материальные системы (I), взаимодействие материальных систем (II), их движение, изменение (III). Каждая из этих составляющих имеет множество конкретных проявлений и служит предметом научных исследований. Научные исследования обычно начинаются с построения наших представлений о предмете исследования, с построения их мысленных моделей. При изучении моделей вырабатывается система их признаков, характеристик, свойств и т.д.. «Превращение» изучаемого объекта в модель обычно «освобождает» объект от многих деталей, частных особенностей и т.д., что позволяет легко классифицировать и систематизировать объекты, находить аналогии между ними, общие черты в их поведении (т.е. законы природы) и прочее. В итоге создается всеохватывающая система теоретических представлений о природе, которая является ее своеобразной копией. Это закономерное следствие

отражательной способности материи, которая в процессе эволюции превратилась в самопознание природы через научную деятельность человека. В описании природы используются не только наименования реальных предметов, но и наименование «предметов» мысли. Грубо говоря, предмет природы, это то, на что можно «показать» пальцем, «навесить» бирку. На предмет мысли бирку навесить невозможно. Например, нельзя навесить бирку на энергию, т.к. это абстракция, предмет мысли. (Энергия – общая мера различных форм движения).

В отличие от предметов объективной реальности (из чего состоит природа), научная копия природы состоит из «предметов» мысли, из них «состоит» наука (субъективная реальность). Некоторые науки так полно, точно и хорошо отражают «свой» сектор природы, что в нашем мышлении произвольно происходит подмена предметов реальности предметами мысли. Такая подмена приводит к неточностям и ошибкам в выражении мысли, посвященной описанию природы. Например, мы говорим «механическая энергия». В таком порядке эти два слова, строго говоря, не сочетаемы – первое относится к реальности, второе – обозначение предмета мысли. Правильно сказать энергия механического движения. Однако в рассмотренном примере мы отлично понимаем и первое, т.е. неправильное выражение. К нему издавна привыкли. Но если мы скажем «карандашная длина», то нас могут не понять по той же причине. Карандаш – предмет реальности, длина – абстракция (общая мера линейных размеров различных тел). Правильное выражение «длина карандаша», т.е. мера (линейный размер) карандаша (реального объекта).

Приведенные примеры тривиальны, их легко понять. Однако многие случаи подмены предметов объективной реальности предметами мысли не столь очевидны, особенно для непрофессионалов в рассматриваемой области. В итоге возникает много путаницы при описании достижений науки в учебных и популярных текстах, а также в публикациях СМИ. Особенно часто подобная путаница встречается в псевдонаучных текстах.

Отметим, что бывший американский фокусник Джеймс Рэнди, хорошо знающий толк в различного рода чудесах, создал в США просветительский фонд, который назначил приз в 1 млн. долларов всякому, кто перед комиссией фонда сумеет продемонстрировать свои способности в области экстрасенсорики, телепатии, телекинеза, хиромантии, лозоведения и т.д.

Опытные «кудесники», включая и знаменитого экстрасенса Ури Геллера, отказались от участия в испытаниях. Согласились «заработать» миллион лишь некоторые мелкие представители клана людей с особыми способностями, например, россиянка Наташа Лукова, которая якобы умеет читать в закрытыми глазами. Однако комиссия Рэнди всех их разоблачила. В случае с Луковой обнаружено, что из-за особого строения переносицы она при определенных поворотах головы может просматривать через весьма малые просветы между плотной повязкой и лицом. Ранее точно такие же «способности» демонстрировала россиянка Кулешова, в чем позднее она сама призналась.

Для желающих заработать 1 млн. долларов за счет демонстрации своих возможностей, противоречащих естественным законам природы, сообщаем

адрес фонда Д. Рэнди: James Randi 201 East Davie Boulevard (S.E. 12th Street)
Fort Lauderdale, E.L. 33316-1815 U.S.A.

7.7. Контрольные вопросы

- 1. Поясните методику (основные этапы) создания истинно научных теорий.*
- 2. Какая роль в этой методике отводится эксперименту?*
- 3. Какая роль в этой методике отводится гипотезам?*
- 4. Как связана истинная научная теория с экспериментальными исследованиями? Что такое предсказательная «сила» теории?*
- 5. Какие причины приводят к возникновению ошибочных теорий и ложных теоретических построений?*
- 6. Что такое «отходы производства» знаний?*
- 7. Какие мотивы побуждают к созданию псевдонаук их творцов?*
- 8. Какие мотивы побуждают средства массовой информации распространять псевдоучения и непроверенные заявления о различных открытиях?*
- 9. Какие околонаучные построения, псевдонауки, псевдоучения Вы знаете?*
- 10. Назовите отличительные признаки лжеучений.*
- 11. Когда и как возникла астрология?*
- 12. Опишите связь астрологии с астрономией.*
- 13. Как связана астрология с концепцией о том, что во Вселенной «все связано со всем»? Как связана астрология с реальными космическими объектами?*
- 14. Как можно доказать, что у астрологии нет экспериментальной базы и научного обоснования?*
- 15. Приведите примеры объективной проверки отсутствия предсказательной силы у астрологии.*
- 16. Чем отличаются «предметы мысли» от реальных предметов?*