РЕФЕРАТ

по курсу «Концепции современного естествознания»

**«Естествознание XX века»**

**1. Четвертая научная революция**

Еще в конце XIX века большинство ученых склонялись к точке зрения, что физическая картина мира в основном построена и останется в дальнейшем незыблемой. Предстоит уточнять лишь детали. Но в первые десятилетия XX века физические воззрения изменились коренным образом. Это было следствием «каскада» научных открытий, сделанных в течение чрезвычайно короткого исторического периода, охватывающего последние годы XIX столетия и первые десятилетия XX века.

В 1896 году французский физик Антуан Анри Беккерель (1852-1908) открыл явление самопроизвольного излучения урановой соли. Исследуя это явление, он наблюдал разряд наэлектризованных тел под действием указанного излучения и установил, что активность препаратов урана оставалась неизменной более года. Однако природа нового явления еще не была понята.

В его исследование включились французские физики, супруги Пьер Кюри (1859-1906) и Мария Склодовская-Кюри (1867-1934). Прежде всего их заинтересовал вопрос: нет ли других веществ, обладающих свойством, аналогичным урану? В 1898 году были открыты новые элементы, также обладающие свойством испускать «беккерелевы лучи», — полоний и радий. Это свойство супруги Кюри назвали радиоактивностью. Их напряженный труд принес щедрые плоды: с 1898 г. одна за другой стали появляться статьи о получении новых радиоактивных веществ. А годом раньше, в 1897 году, в лаборатории Кавендиша в Кембридже при изучении электрического разряда в газах (катодных лучей) английский физик Джозеф Джон Томсон (1856-1940) открыл первую элементарную частицу — электрон. В последующих опытах по измерению заряда электрона и получению отношения этого заряда к массе было обнаружено совершенно необычное явление зависимости массы электрона от его скорости. Уяснив, что электроны являются составными частями атомов всех веществ, Дж. Томсон предложил в 1903 году первую (электромагнитную) модель атома. Согласно этой модели, отрицательно заряженные электроны располагаются определенным образом (как бы «плавают») внутри положительно заряженной сферы. Сохранение электронами определенного места в сфере есть результат равновесия между положительным равномерно распределенным ее зарядом и отрицательными зарядами электронов. Но модель «атома Томсона» просуществовала сравнительно недолго.

В 1911 году знаменитый английский физик Эрнест Резерфорд (1871-1937) предложил свою модель атома, которая получила название планетарной. Появлению этой новой модели атома предшествовали эксперименты, проводимые Э. Резерфордом и его учениками, ставшими впоследствии знаменитыми физиками, Гансом Гейгером (1882-1945) и Эрнстом Марсденом (1889-1970). В результате этих экспериментов, показавших неприемлемость модели атома Дж. Томсона, было обнаружено, что в атомах существуют ядра — положительно заряженные микрочастицы, размер которых очень мал по сравнению с размерами атомов. Но масса атома почти полностью сосредоточена в его ядре. Исходя из этих новых представлений, Резерфорд и выдвинул свое понимание строения атома, которое он обнародовал 7 марта 1911 года на заседании Манчестерского философского общества. По его мнению, атом подобен Солнечной системе: он состоит из ядра и электронов, которые обращаются вокруг него.

Но планетарная модель Резерфорда обнаружила серьезный недостаток: она оказалась несовместимой с электродинамикой Максвелла. Согласно законам электродинамики, любое тело (частица), имеющее электрический заряд и движущееся с ускорением, обязательно должно излучать электромагнитную энергию. Но в этом случае электроны очень быстро потеряли бы свою кинетическую энергию и упали на ядро. С этой точки зрения, оставалась непонятной необычайная устойчивость атомов. Кроме того, в соответствии с законами электродинамики, частота излучаемой электроном электромагнитной энергии должна быть равна частоте собственных колебаний электрона в атоме или (что то же) числу оборотов электрона вокруг ядра в секунду. Но в этом случае спектр излучения электрона должен быть непрерывным, так как электрон, приближаясь к ядру, менял бы свою частоту. Опыт же показывал другое: атомы дают электромагнитное излучение только определенных частот (именно поэтому атомные спектры называют линейчатыми, т. е. состоящими из вполне определенных линий). Такая определенность спектра, его ярко выраженная химическая индивидуальность очень трудно совмещается с универсальностью электрона, заряд и масса которого не зависят от природы атома.

Разрешение этих противоречий выпало на долю известного датского физика Нильса Вора (1885-1962), предложившего свое представление об атоме. Последнее основывалось на квантовой теории, начало которой было положено на рубеже XX века немецким физиком Максом Планком (1858-1947). Планк выдвинул гипотезу, гласящую, что испускание и поглощение электромагнитного излучения может происходить только дискретно, конечными порциями — квантами.

Н. Бор, зная о модели Резерфорда и приняв ее в качестве исходной, разработал в 1913 году квантовую теорию строения атома. В ее основе лежали следующие постулаты: в любом атоме существуют дискретные (стационарные) состояния, находясь в которых атом энергию не излучает; при переходе атома из одного стационарного состояния в другое он излучает или поглощает порцию энергии.

Предложенная Бором модель атома, которая возникла в результате развития исследований радиоактивного излучения и квантовой теории, фактически явилась дополненным и исправленным вариантом планетарной модели Резерфорда. Поэтому в истории атомной физики говорят о квантовой модели атома Резерфорда — Бора.

Следует отметить, что научные заслуги Резерфорда не ограничиваются исследованиями, приведшими к упомянутой планетарной модели атома. Совместно с английским химиком Фредериком Содди (1877-1956) он провел серьезное изучение радиоактивности. Резерфорд и Содди дали трактовку радиоактивного распада как процесса превращения химических элементов из одних в другие. «Неизменяемость свойств электронов при обычных физических и химических процессах, — писал Н. Бор, — непосредственно объясняется тем, что в таких процессах, хотя связи электронов и могут сильно меняться, ядро остается без изменений. Резерфордом была доказана и взаимная превращаемость атомных ядер под действием мощных сил. Тем самым Резерфорд открыл совершенно новую область исследований, которую часто называют современной алхимией»50.

Как тут не вспомнить крушение стремлений и надежд многих поколений алхимиков получать одни химические элементы (чаще всего — золото) из других в связи с открытием во второй половине XVIII века Лавуазье закона неизменности химических элементов. И вдруг, в начале XX века, оказалось, что в результате радиоактивного распада некоторые элементы самопроизвольно превращаются в другие. Это было поистине научной сенсацией.

Впрочем, наука XX века принесла немало сенсационных открытий, многие из которых совершенно не укладывались в представление обыденного человеческого опыта. Ярким примером этого может служить теория относительности, созданная в начале нашего столетия мало кому известным тогда мыслителем Альбертом Эйнштейном (1879-1955).

В 1905 г. им была создана так называемая специальная теория относительности. В целом теория А. Эйнштейна основывалась на том, что — в отличие от механики И. Ньютона — пространство и время не абсолютны. Они органически связаны с материей и между собой. Когда А. Эйнштейна попросили выразить суть теории относительности в одной, по возможности понятной фразе, он ответил: «Раньше полагали, что если бы из Вселенной исчезла вся материя, то пространство и время сохранились бы, теория относительности утверждает, что вместе с материей исчезли бы также пространство и время».

Более подробно о теории относительности сказано в разделе, посвященном пространственно-временным представлениям. Мы здесь лишь отметим, что эта теория получила признание далеко не сразу. Специальная теория относительности была быстро принята лишь узким кругом известных физиков-теоретиков. Но в 20-х годах, после появления общей теории относительности, этот круг существенно расширился. Эйнштейн получил полную поддержку многих выдающихся ученых, работавших в других областях физики, но обладавших широкой культурой физического мышления.

В то же время существовали и тупая ограниченность в науке, милитаризм и расизм в политике. Не случайно теория относительности была встречена в штыки в фашистской Германии, где к хору злобных голосов, отвергших теорию Эйнштейна как «неарийскую», враждебную национальному германскую сознанию, присоединились такие известные физики-экспериментаторы, как Ленард и Штарк.

Хотя имя А. Эйнштейна по сей день в массовом сознании связывается с теорией относительности, эта теория была далеко не единственным его научным достижением. Опираясь на представление Планка о квантах, Эйнштейн еще в 1905 году сумел обосновать природу фотоэффекта. Каждый электрон выбивается из металла под действием отдельного светового кванта, или фотона, который при этом теряет свою энергию. Часть этой энергии уходит на разрыв связи электрона с металлом. Эйнштейн показал зависимость энергии электрона от частоты светового кванта и энергии связи электрона с металлом.

Казалось, что корпускулярная теория материи торжествует. Фотон, например, явно имеет корпускулярные свойства (русский физик П.Н. Лебедев даже доказал в 1899 году существование светового давления). Но вскоре выяснилось, что определить энергию фотона (частицы света, не обладающей массой покоя) можно было, только представляя его себе в виде волны с соответствующей длиной и частотой. Получалось, что фотон — это одновременно и волна и частица. Распространяется он как волна, излучается и поглощается — как частица.

В 1924 году произошло крупное событие в истории физики: французский ученый Луи де Бройлъ (1892-1987) выдвинул идею о волновых свойствах материи. «Почему, если волновой материи присущи свойства корпускулярности, — писал он, — мы не вправе ожидать и обратного: что корпускулярной материи присущи волновые свойства? Почему бы не мог существовать закон, единый для всякого вообще материального образования, не важно, волнового или корпускулярного?».

Наиболее убедительное подтверждение существования волновых свойств материи было получено в результате открытия (наблюдения) дифракции электронов в эксперименте, поставленном в 1927 году американскими физиками Клинтоном Дэвиссоном (1881-1958) и Лестером Джермером (1896-1971). Быстрые электроны, проходя сквозь очень тонкие пластинки металла, вели себя подобно свету, проходящему мимо малых отверстий или узких щелей. Другими словами, распределение электронов, отражавшихся от пластинки и летевших лишь по некоторым избранным направлениям, было таким же, как если бы на пластинку падал пучок цвета с длиной волны, равной длине волны электрона, вычисленной по формуле де Бройля.

Экспериментально подтвержденная гипотеза де Бройля превратилась в принципиальную основу, пожалуй, наиболее широкой физической теории — квантовой механики. У объектов микромира, рассматриваемых с ее позиций, обнаружились такие свойства, которые совершенно не имеют аналогий в привычном нам мире. Прежде всего — это корпускулярно-волновая двойственность, или дуализм элементарных частиц (это и корпускулы и волны одновременно, а точнее — диалектическое единство свойств тех и других). Движение микрочастиц в пространстве и времени нельзя отождествлять с механическим движением макрообъекта. Например, положение элементарной частицы в пространстве в каждый момент времени не может быть определено с помощью системы координат, как для привычных нам тел окружающего мира. Движение микрочастиц подчиняется законам квантовой механики.

Об абсолютной непригодности законов классической механики в микромире свидетельствует, например, установленное видным немецким физиком Вернером Гейзенбергом (1901-1976) соотношение неопределенностей: если известно место положения частицы в пространстве, то остается неизвестным импульс (количество движения), и наоборот. Это одно из фундаментальных положений квантовой механики. С точки зрения классической механики и просто «здравого смысла», принцип неопределенности представляется абсурдным. Нам трудно представить себе, как все это может быть «на самом деле».

По этому поводу известный американский физик Ричард Фейнман писал следующее: «Раз поведение атомов так не похоже на наш обыденный опыт, то к нему очень трудно привыкнуть. И новичку в науке, и опытному физику — всем оно кажется своеобразным и туманным. Даже большие ученые не понимают его настолько, как им хотелось бы, и это совершенно естественно, потому что весь непосредственный опыт человека, вся его интуиция — все прилагается к крупным телам. Мы знаем, что будет с большим предметом; но именно так мельчайшие тельца не поступают. Поэтому, изучая их, приходится прибегать к различного рода абстракциям, напрягать воображение и не пытаться связывать их с нашим непосредственным опытом».

Все вышеизложенные революционные открытия в физике перевернули ранее существующие взгляды на мир. Исчезла убежденность в универсальности законов классической механики, ибо разрушились прежние представления о неделимости атома, о постоянстве массы, о неизменности химических элементов и т. д. Теперь уже вряд ли можно найти физика, который считал бы, что все проблемы его науки можно решить с помощью механических понятий и уравнений. Рождение и развитие атомной физики, таким образом, окончательно сокрушило прежнюю механистическую картину мира.

Вместе с этим закончился прежний, классический этап в развитии естествознания, характерный для эпохи Нового времени. Наступил новый этап неклассического естествознания XX века, характеризующийся, в частности, новыми, квантово-релятивистскими представлениями о физической реальности.

**2. Научно-техническая революция и ее естественнонаучная составляющая**

Новые явления и процессы, имевшие место в развитии естествознания и техники в первой половине XX века, подготовили уникальное в истории общества событие, получившее наименование научно-технической революции (НТР). Последняя в значительной степени определила характер общественного прогресса на рубеже второго и третьего тысячелетий.

Естественнонаучные и технические революции, имевшие место в истории общества, никогда ранее не совпадали, не сливались в единый поток. Они происходили порознь. Особенностью второй половины XX столетия стали революции в естествознании и в технике, которые не только совпали по времени, но и оказались глубоко связанными между собой. Единство этого революционного процесса адекватно отразилось в самом понятии «научно-техническая революция».

Современной научно-технической революции предшествовал своеобразный подготовительный период, относящийся к первой половине XX века. Именно в этот период были сделаны важные естественнонаучные открытия, заложившие фундаментальные основы последующего грандиозного научно-технического переворота. Среди естественнонаучных направлений, в значительной степени определивших наступление НТР, были атомная физика и молекулярная биология.

Вот как пишет об этом известный писатель, популяризатор науки Даниил Данин: «1900 год. Финиширует XIX век и стартует XX. На их рубеже рождаются в интеллектуальном обиходе человечества два новых слова — КВАНТ и ГЕН. Они становятся ключевыми в природоведении современности. И потому — судьбоносными: жизнь и смерть на нашей планете глубинно связались с открытиями и надеждами фундаментальной науки именно в этих ныне главенствующих ее ипостасях — квантовой и генетической».

Важной вехой в драматической истории атомного века стало экспериментальное наблюдение в конце 30-х годов немецкими физиками О. Ганом и Ф. Штрассманом процесса деления ядер урана и объяснение этого явления в работе Л. Майтнер и О. Фриша. Стало ясным, что физикам удалось осуществить цепную ядерную реакцию, которая может привести к ядерному взрыву с выделением огромной энергии. В условиях начавшейся второй мировой войны группа ученых США во главе с А. Эйнштейном обратилась к тогдашнему американскому президенту Ф. Рузвельту и обосновала настоятельную необходимость развертывания исследований в этом направлении. Начатые после этого исследовательские работы в Лос-Аламосской лаборатории (США, штат Нью-Мексико) привели в середине 40-х годов к созданию первой атомной бомбы.

В СССР работы над атомным оружием были начаты в 1943 году в связи с опасениями, что такое оружие создает гитлеровская Германия. После ядерных взрывов в Хиросиме и Нагасаки, окончания второй мировой войны и начала войны «холодной» стало очевидным, что наличие монополии на атомное оружие у одного государства — США является фактором, угрожающим миру и международной стабильности.

Советский Союз во второй половине 40-х годов предпринял беспрецедентные усилия для создания собственной атомной бомбы. Для решения этой задачи были сконцентрированы огромные финансовые средства, самое передовое научное оборудование, интеллект лучших отечественных ученых-физиков, силы советской разведки, охотившейся за атомными секретами в США (по признанию академика Ю.Б. Харитона, сделанному в начале 90-х годов, первая советская атомная бомба была выполнена по американскому образцу).

Последнее требует, однако, учета следующих обстоятельств. Во-первых, ряд выдающихся советских физиков начался работать над схожими с американскими учеными проблемами еще до начала второй мировой войны и находил в 40-х годах на переднем крае ядерных исследований (без такой подготовленной научной «почвы» добытые разведкой «зерна» не дали бы никаких «всходов»). Во-вторых, советские физики могли бы создать атомную бомбу самостоятельно, опираясь только на свои силы, но это затянуло бы реализацию отечественного атомного проекта примерно на два года, что было крайне опасно в эпоху «холодной войны».

Вклад отечественных ученых в решение проблем атомной физики оказался достаточно весомым. Не случайно СССР стал пионером в освоении «мирного атома» (первая в мире атомная электростанция была пущена в 1954 году в городе Обнинске).

XX век в целом и его вторая половина, характеризовавшаяся научно-технической революцией, принесли громадные достижения в области биологии, которые выдвинули эту науку в ряды лидеров естествознания. Развитие биологии и, особенно, ее составной части — генетики не только укрепило дарвиновскую теорию эволюции живой природы, но и позволило дать ей современное толкование. Понятия изменчивости и наследственности, которым Дарвин придавал большое значение, были более глубоко осмыслены в свете достигнутых успехов молекулярной биологии XX века.

Если в первой половине истекшего столетия прогресс в области изучения макромолекул был еще сравнительно медленным, то во второй половине этого столетия, т. е. в эпоху НТР, эти исследования существенно ускорялись благодаря технике физических методов анализа. На основе полученных данных о структуре живого вещества удалось воссоздать строение ряда белков и полипептидных гормонов, а также синтезировать некоторые менее сложные вещества. Химия белков, которая ранее казалась малоперспективной областью естествознания, выдвинулась на передний край науки, а раскрытие в середине XX века структуры дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) послужило началом интенсивных исследований в химии и биологии.

Было выяснено, что нуклеиновые кислоты, являющиеся носителем и передатчиком наследственных качеств и играющие основную роль в синтезе клеточных белков, образуют группы веществ, важность которых трудно переоценить. Выдвинутая в начале 50-х годов гипотеза, согласно которой должны существовать особые молекулы нуклеиновых кислот, выполняющие функции перевода языка нуклеиновых кислот на язык белков, достаточно скоро получила экспериментальное подтверждение. К началу 60-х годов у ученых-биологов уже сложилось четкое понимание основных процессов передачи информации в клетке при синтезе белка. Дальнейший прогресс исследований в этой области позволил известному советскому биологу Ю.А. Овчинникову констатировать в начале 80-х годов, что «наибольших успехов биологическая наука достигла в последние 20-25 лет, когда она сумела заглянуть внутрь живой клетки и понять биологические механизмы на уровне молекулярных взаимодействий».

Однако развитие биологической науки в СССР шло далеко не гладко. Мощный идеологический прессинг привел к фактическому свертыванию на длительный период отечественных исследований в области генетики. В августе 1940 года был репрессирован наиболее видный представитель отечественной генетики, президент Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук СССР (ВАСХНИЛ) Н.И. Вавилов (он погиб в тюрьме в 1943 году). Печально известная сессия ВАСХНИЛ, проходившая с 30 июля по 7 августа 1948 года, «предала анафеме» реакционный «менделизм — вейсманизм — морганизм», т. е. учения иностранных основателей современной генетики: чеха Грегора Менделя (1833-1884), немца Августа Вейсмана (1834-1914) и американца Томаса Моргана (1866-1945). С основным докладом «О положении в биологической науке», задавшим тон указанной сессии, выступил новый президент ВАСХНИЛ, «народный академик» Т.Д. Лысенко.

«Политика партии в области биологии» распространялась и на другие науки. Была отвергнута кибернетика, основывающаяся на аналогии между функциями управления в живых организмах и в определенных автоматических устройствах. Последняя была объявлена «буржуазной лженаукой». И эта идеологическая установка продержалась почти до конца 50-х годов. А ведь именно кибернетика составила одно из важных направлений научно-технической революции второй половины XX века.

Труднее для партийных идеологов оказалось дело с физикой, ибо именно от физиков зависело создание атомной бомбы. Уже наготове была команда (главным образом, из работников московских вузов), предназначенная для выступления против академических ученых-физиков. И если бы испытания первой советской атомной бомбы закончились неудачей, идеологический погром в физике был бы неизбежен. Рождение ядерного щита страны разрядило идеологически накаленную атмосферу. По словам академика В.И. Гольданского, «взрыв атомной бомбы в 1949 году спас советскую физику».

Отмеченные выше достижения в области атомной физики и биологии, а также появление кибернетики обеспечили естественнонаучную основу первого этапа НТР, начавшегося в середине XX века и продолжавшегося примерно до середины 70-х годов. Основными техническими направлениями этого этапа НТР стали атомная энергетика, электронно-вычислительная техника (явившаяся технической базой кибернетики) и ракетно-космическая техника. В последней, как и в атомной энергетике, избежавшей «идеологических передряг», СССР с самого начала занял ведущее место в мире.

Со второй половины 70-х годов начался второй этап НТР, продолжающийся до сих пор. Важной характеристикой второго этапа НТР стали новые технологии, которых не было в середине XX века. К ним относятся гибкие автоматизированные производства, лазерная технология, биотехнология и др. По мнению наиболее авторитетного научного органа США — Национального научного совета, «никогда еще в истории естествознания не существовало такого спектра научных и технологических возможностей, как, например, в области сверхпроводимости или биотехнологии».

«Становление биотехнологии связано с успехами биологии в познании особенностей организации молекулярных структур живого и процессов этого уровня, осуществлением искусственного синтеза отдельных генов и их включения в геном бактериальной клетки. Это позволяет контролировать основные процессы биосинтеза в клетке, создавать такие генетические системы бактериальной клетки, которые способны осуществлять биосинтез определенных соединений в промышленных условиях. На решение таких задач ориентируется ряд направлений биотехнологии».

«Биологическая технология определила возникновение нового типа производства — биологизированного. Примером такого производства могут быть предприятия микробиологической промышленности... Биологизация производства — это новый этап научно-технического прогресса, когда наука о живом превращается в непосредственную производительную силу общества и ее достижения используются для создания промышленных технологий».

Значение генной инженерии на втором этапе НТР характеризуется существенным расширением ее диапазона: от получения новых микроорганизмов с заранее заданными свойствами (путем направленного изменения их наследственного аппарата) и до клонирования высших животных (а в возможной перспективе — и самого человека). Конец XX столетия ознаменовался небывалыми успехами в расшифровке генетической основы человека. В 1990 году «стартовал» международный проект «Геном человека», ставящий целью получение полной генетической карты Homo sapiens. В этом проекте принимают участие более двадцати наиболее развитых в научном отношении стран, включая и Россию.

Важной характеристикой второго этапа НТР стала невиданная ранее информатизация общества на основе персональных компьютеров (появившихся в конце 70-х годов) и Всемирной системы общедоступных электронных сетей, получившей наименование «Интернет». В результате человек, во-первых, получил доступ к объемам информации значительно большим, чем когда бы то ни было; а во-вторых, появился новый способ общения, который можно назвать горизонтальным. До его появления общение и распространение информации было в основном вертикальным (автор выпускает книгу — читатели читают, по радио и телевидению что-то передают — люди слушают это или смотрят; обратная связь ранее почти отсутствовала, хотя потребность в ней всегда была исключительно высока). Интернет обеспечивает распространение информации для практически неограниченного круга потребителей, причем они без всякого труда могут коммуникатировать друг с другом. «Интернет — это сеть сетей с миллионами компьютеров по всему миру, связанных в одно целое. В Интернете не существует единого центра управления. Интернет можно описать как постоянный поток информации из одного места в другое, от одного человека к другому. Когда вы получаете доступ к Интернету, то подключаетесь к миллионам пользователей компьютеров... Это всемирное круглосуточное место встречи, куда может прийти любой».

Еще одним направлением второго этапа НТР, заложившим физические основы принципиально новых информационных и коммуникационных технологий, стали исследования в области физики полупроводниковых наногетероструктур. Достигнутые успехи в этих исследованиях, имеющие огромное значение для развития оптоэлектроники и электроники высоких скоростей, были отмечены в 2000 году Нобелевской премией по физике, которую разделили российский ученый, академик Ж.И. Алферов и американские ученые Г. Кремер и Дж. Килби.

На повестке дня современной физики — создание квантового компьютера (КК). Здесь существует несколько интенсивно разрабатываемых в настоящее время направлений: твердотельный КК на полупроводниковых структурах, жидкие компьютеры, КК на «квантовых нитях», на высокотемпературных полупроводниках и т. д. Фактически все разделы физики конца XX века представлены в попытках решения этой задачи.

Пока можно говорить лишь о достижении некоторых предварительных результатов. Квантовые компьютеры еще только проектируются. Но когда они покинут пределы лабораторий, мир во многом станет иным. Ожидаемый технологический прорыв должен превзойти достижения полупроводниковой революции, в результате которой вакуумные электронные лампы уступили место кремниевым кристаллам.

Но произойдет это, по-видимому, уже на третьем этапе НТР, контуры которого лишь вырисовываются. По прогнозам ученых, этот новый этап НТР наступит не ранее конца первого десятилетия XXI века.

**3. Панорама современного естествознания**

В XX веке естествознание развивалось невероятно быстрыми темпами. Его развитие стимулировалось потребностями практики. Развивающаяся быстрыми темпами промышленность требовала новых технологий, в основе которых лежало естественнонаучное знание. Мощным стимулятором для развития науки и техники были мировые войны, а также экономическое и военное противостояние двух военно-политических блоков, во главе которых стояли СССР и США. Развитые промышленные страны начинают выделять большие средства на развитие системы образования, подготовку и воспроизводство научных кадров. Расширяется сеть научно-исследовательских учреждений, финансируемых как государством, так и частными компаниями.

Наука перестает быть частным делом, какой она была в XVIII-XIX веках, когда ее развивали любознательные самоучки: адвокаты, священники, медики, ремесленники и т. д. Наука становится профессией огромного числа людей. Современные исследования показывают, что развитие науки может быть выражено экспоненциальным законом. Объем научной деятельности удваивается каждые 10-15 лет. Это проявляется в ускорении роста количества научных открытий и научной информации, а также числа людей, занятых на науке.

По данным ЮНЕСКО, до начала 70-х годов XX века число научных работников ежегодно увеличивалось на 7 %, в то время как численность всего населения росла всего лишь на 1,7 % в год. В результате получается, что нашими современниками являются более 90 % ученых от их общего числа за всю историю науки.

В конце XIX века во всем мире было около 50 тыс. человек, занятых в сфере науки и только около 15 тыс. человек из них непосредственно занимались научно-исследовательской деятельностью. 50 лет спустя научными исследованиями занимались уже примерно 400 тыс. человек, а общее число научных работников приблизилось к 2 млн.

В этот период ежегодный рост расходов на науку составлял от 10 до 25 % в год. Такие темпы значительно превышали темпы роста расходов на другие цели, в том числе военных расходов. Если в конце XIX века научные открытия совершались в маленькой лаборатории профессора или мастерской изобретателя, то в 20-30 годы XX века начинается эпоха промышленной науки, крупных научно-исследовательских центров, расходующих десятки и сотни тысяч долларов. С конца XIX века наука начинает себя окупать. Капитал, вложенный в научные разработки, начинает приносить прибыль.

В XX веке наука изменяет не только сферу производства, но и быт. Радио, телевидение, магнитофоны, компьютеры становятся обиходными вещами: так же как одежда из синтетических тканей, стиральные порошки, лекарства и т. д.

Все это характеризует как бы внешнюю сторону развития науки нашего времени. Теперь рассмотрим, какие важнейшие научные открытия были сделаны за последние 70-80 лет.

Физика: учение об атомах

В физике можно выделить три основных направления: исследование микромира (микрофизика), макромира (макрофизика) и мегамира (астрофизика).

Прогресс физики после ряда выдающихся открытий конца XIX — начала XX века (рентгеновские лучи, электрон, радиоактивность и др.) был задержан первой мировой войной, и все же исследования атомов продолжались. Основное в этих исследованиях:

Разработка модели атома.

Доказательство изменяемости атома.

Доказательство существования разновидностей атома у химических элементов.

Эти исследования опирались практически на совершенно новое представление о структуре материи, которое начало складываться в начале XX века. Сформулированное в XIX в. представление об атомах было подытожено Д.И. Менделеевым, который в статье «Вещество», опубликованной в 1892 г. в «Энциклопедическом словаре Брокгауза и Ефрона», перечислил основные сведения об атомах:

Химические атомы каждого элемента неизменны, и существует столько сортов атомов, сколько известно химических элементов (в то время — примерно 70).

Атомы данного элемента одинаковы.

Атомы имеют вес, причем различие атомов основано на различии их веса.

Взаимный переход атомов данного элемента в атомы другого элемента невозможен.

Доказательство существования электрона разрушило эти представления об атоме. Важнейшим направлением исследований физики становится выяснение структуры атомов. Электронные модели атома стали появляться одна за другой. Их возникновение в хронологической последовательности таково:

Модель У. Кельвина (1902 г.) — электроны распределяются определенным способом внутри положительно заряженной сферы.

Модель Ф. Ленарда (1903 г.) — атом состоит из «дуплетов» отрицательных и положительных зарядов (так называемых динамит).

Модель Г. Нагаоки (1904 г.) — атом «устроен» наподобие планеты Сатурн (вокруг положительно заряженного тела располагаются кольца, состоящие из отрицательно заряженных электронов).

Модель Дж. Томсона (1904 г.) — внутри положительно заряженной сферы вращающиеся электроны размещаются в одной плоскости по концентрическим оболочкам, вмещающим различные, но конечные числа электронов.

Эти модели были результатами теоретических (во многом — чисто математических) построений и носили формальный характер. Исключение составляла модель Дж. Томсона. Он предпринял первую в своем роде попытку объяснения периодического изменения свойств химических элементов, связав феномен периодичности с числом электронов в концентрических кольцах.

Однако оставалось неопределенным точное количество электронов в атомах. Томсон полагал, что масса носителя единичного положительного заряда значительно превосходит массу единичного отрицательного заряда, и это также оказалось соответствующим истине.

Электрон довольно скоро исчерпал свои возможности в качестве единственного «строительного материала» атомов, но эти перечисленные модели, безусловно, сыграли роль в подготовке будущей планетарной модели атома. Почти каждая из них в той или иной форме содержала элементы действительности.

Появление резерфордовской модели стало возможным благодаря подключению исследований радиоактивности, причем не столько само явление, сколько изучение действия частиц, испускаемых в ходе радиоактивного распада, на вещества. Именно анализ рассеивания частиц различными материалами позволил Э. Резерфорду в 1911 году высказать идею о существовании в атоме массивного заряженного тела — ядра (сам термин «ядро» был введен Резерфордом в 1912 году).

Применив к резерфордовской модели квантовую теорию, Н. Бор (1913 г.) устранил противоречие этой модели классической электродинамики. Поэтом именно ядерная модель Резерфорда в интерпретации Бора стала основным понятием новой атомистики.

На протяжении почти двух десятилетий господствовала протонно-электронная модель ядра. Неверная по своей сути, она, тем не менее, ни чуть не мешала широкому распространению и использованию классической атомной модели целиком. Но только после открытия Дж. Чедвиком в 1932 г. нейтрона возникли современные представления о протоно-нейтронной модели ядра.

Итак, следствием фундаментальных физических открытий конца XIX века оказалась разработка структуры атома в целом. «Бесструктурный» атом уступил место новому атому как сложной системе частиц.

После того как нейтрон был признан и нашел свое место как протон, лишенный своего положительного заряда, было обнаружено, что он представляет собой центральную фигуру в структуре ядра. Очень скоро после этого К. Андерсон открыл другую элементарную частицу — положительный электрон. Позитрон обеспечил необходимую симметрию между положительным и отрицательным во взаимоотношениях частиц. Оказалось, что взаимоотношения нейтрона и протона отнюдь не являются простыми. И если раньше полагалось, что ядро состоит из протонов и электронов, то теперь было обнаружено, что значительно правильнее будет сказать, что оно состоит из протонов и нейтронов, связанных вместе мощными силами, которые Юкава приписал в 1935 году гипотетической промежуточной частице — мезону. Здесь мы видим пример элементарной частицы, которая сначала была предсказана теоретически, а затем, в 1936 году, фактически наблюдалась К. Андерсоном и Неддермейером.

Действие нейтронов на различные ядра было изучено за короткий промежуток времени в 6 лет, с 1932 по 1938 год. То были годы, когда наука вообще и физика в особенности все больше чувствовала на себе влияние событий, приводящих ко второй мировой войне.

Решающее открытие принадлежало Жолио Кюри, который нашел, что почти все атомы, подвергнутые бомбардировке нейтронами, сами становятся радиоактивными. Логическое следствие этого открытия было огромным. Знание атомных превращений могло быть использовано для объяснения того, каким образом возникли элементы.

Этой концепцией воспользовались Гамов и Бете для выявления источника солнечной энергии. Таким источником является соединение четырех атомов водорода, в результате чего образуется один атом гелия. Было уже совершенно очевидно, что источником большей части энергии Вселенной служат ядерные процессы. В 1936 году Ферми подверг бомбардировке нейтронами тяжелые элементы и заявил, что получил ряд элементов с большим весом, чем у любых других элементов, найденных в природе.

Вплоть до 1937 года все имевшие место радиоактивные изменения заключались в том, что маленькие частицы либо присоединялись к ядру, либо выбрасывались из него. Наиболее крупным из выброшенных осколков была частица, содержащая два протона и два нейтрона. Однако в 1937 году Ган и Штрассман нашли, что некоторые из продуктов, полученных в результате облучения урана нейтронами, имели в общем массу, составляющую чуть ли не половину массы атома урана. Было ясно, что имеет место деление ядра.

Тяжелые ядра могут содержать значительно большее число нейтронов по отношению к числу протонов, чем легкие ядра. Когда атом урана расщепляется, он по необходимости освобождал несколько нейтронов. Ну а стоило только понять это (что произошло в 1938 году, главным образом благодаря работам Жолио Кюри), как возможность массовых превращений атомов стала реальностью. Здесь мы имеем цепную реакцию, или своего рода явление лавинообразного нарастания. Если дать этому процессу возможность продолжаться бесконечно, то получится взрыв; если управлять им, то результатом его явится вырабатывающий энергию ядерный реактор.

То, каким образом создавалась, испытывалась и была использована атомная бомба, составляет часть мировой истории, а не просто истории науки. Военные и политические последствия создания ядерного оружия и контролируемого производства атомной энергии огромны. Здесь достаточно отметить, что в техническом отношении производство атомной энергии представляет собой новый крупный скачок вперед в установлении господства человека над силами природы.

Ядерная энергия может получаться не только путем деления ядра атома, но и путем синтеза или, другими словами, для получения такой энергии необходимо изготавливать медленно горящие водородные бомбы. Соответствующие исследования были начаты в СССР И.В. Курчатовым и продолжены его учениками. В Институте ядерной энергии им. И.В. Курчатова под руководством Л.А. Арцимовича были разработаны установки типа токамак. Название «токамак» произошло от сокращения слов «тороидальная камера с магнитным полем». Создателям этих установок пришлось решать очень трудные задачи. Прежде всего нужно разогреть дейтерий-тритиевую плазму до температуры порядка 100 млн градусов и длительно удерживать ее в этом состоянии.

В установке токамак нагревание плазмы до столь высокой температуры достигается за счет протекания через плазму электрического тока очень большой силы — порядка сотен тысяч ампер. Вследствие электрического сопротивления плазмы образуется «джоулево» тепло, за счет которого происходит нагрев плазмы.

Еще более сложной задачей является сохранение (удержание) плазмы. Не может быть и речи, конечно, о соприкосновении плазмы со стенкой — на свете нет такого материала, который бы остался цел (не испарился) после соприкосновения. В токамаках удержание плазмы производится с помощью магнитного поля, так как плазму составляют частицы, имеющие электрический заряд, — ядра атомов и электроны.

После открытия электрона, протона, фотона и, наконец, в 1932 году нейтрона было установлено существование большого числа новых элементарных частиц. В том числе: позитрон, о котором мы уже упоминали как об античастице электрона; мезоны — нестабильные микрочастицы; различного рода гипероны — нестабильные микрочастицы с массами больше массы нейтрона; частицы резонансы, имеющие крайне короткое время жизни (порядка 10"22-10"24 с); нейтрино — стабильная, не имеющая электрического заряда частица, обладающая почти невероятной проницаемостью; антинейтрино — античастица нейтрино, отличающаяся от нейтрино знаком лептонного заряда, и др.

В характеристике элементарных частиц существует еще одно важное представление — взаимодействие. Различают четыре вида взаимодействия.

Сильное взаимодействие (короткодействующее, радиус действия около 10~18 см) связывает между собой нуклоны (протоны и нейтроны) в ядре; именно по этой причине ядра атомов являются весьма устойчивыми, их трудно разрушить.

Электромагнитное взаимодействие (дальнодействующее, радиус действия не ограничен) определяет взаимодействие между электронами и ядрами атомов или молекул; взаимодействующие частицы имеют электрические заряды; проявляется в химических связях, силах упругости, трения.

Слабое взаимодействие (короткодействующее, радиус действия меньше 10~15 см), в котором участвуют все элементарные частицы, обусловливает взаимодействие нейтрино с веществом.

Гравитационное взаимодействие — самое слабое, не учитывается в теории элементарных частиц; распространяется на все виды материи; имеет решающее значение, когда речь идет об очень больших массах.

Элементарные частицы обычно разделяют на следующие классы:

Фотоны — кванты электромагнитного поля, частицы с нулевой массой покоя, не имеют сильного и слабого взаимодействия, но участвуют в электромагнитном.

Лептоны (от греч. leptos — легкий), к числу которых относятся электроны, нейтрино; все они не обладают сильным взаимодействием, но участвуют в слабом взаимодействии, а имеющие электрический заряд — также и в электромагнитном взаимодействии.

Мезоны — сильно взаимодействующие нестабильные, как уже говорилось, частицы.

Барионы (от греч. berys — тяжелый), в состав которых входят нуклоны, нестабильные частицы с массами, большими массы нейтрона, гипероны, многие из резонансов.

Сначала, особенно когда число известных элементарных частиц ограничивалось электроном, нейтроном и протоном, господствовала точка зрения, что атом состоит из этих элементарных кирпичиков. А дальнейшая задача в исследовании структуры вещества заключается в том, чтобы разыскивать новые, еще не известные «кирпичики», из которых состоит атом, и в определении того, не являются ли эти «кирпичики» (или некоторые из них) самыми сложными частицами, построенными из еще более тонких «кирпичиков».

При таком подходе к делу было логичным считать элементарными только те частицы, которые не могут быть разделены на более мелкие или которые мы пока не можем разделить. Смотря так на структуру материи, молекулу и атом нельзя было считать элементарными частицами, так как молекула состоит из атомов, а атомы — из электронов, протонов и нейтронов.

Однако действительная картина строения вещества оказалась еще более сложной, чем можно было предполагать. Оказалось, что элементарные частицы могут претерпевать взаимные превращения, в результате которых некоторые из них исчезают, а некоторые появляются. Нестабильные микрочастицы распадаются на другие, более стабильные, но это вовсе не значит, что первые состоят из вторых. Поэтому в настоящее время под элементарными частицами понимают такие «кирпичики» Вселенной, из которых можно построить все, что нам известно в природе.

Приблизительно в 1963-1964 годах появилась гипотеза о существовании кварков — частиц, из которых состоят барионы и мезоны, являющиеся сильно взаимодействующими и по этому свойству объединенными общим названием адронов. Кварки имеют весьма необычные свойства: они обладают дробными электрическими зарядами, что не характерно какой-либо микрочастице, и, по-видимому, не могут существовать в свободном, не связанном виде. Число различных кварков, отличающихся друг от друга величиной и знаком электрического заряда и некоторыми другими признаками, достигает уже нескольких десятков.

В заключение необходимо сказать о большом значении для изучения микроструктуры вещества ускорителей заряженных частиц (электронов, протонов, атомных ядер), используемых для получения частиц высоких энергий, с помощью которых удается проследить процессы, происходящие с элементарными частицами. Ускоряемые частицы движутся в вакуумной камере, а управление их движением производится чаще всего с помощью магнитного поля.

Основные положения современной атомистики могут быть сформулированы следующим образом:

Атом является сложной материальной структурой, представляет собой мельчайшую частицу химического элемента.

У каждого элемента существуют разновидности атомов (содержащиеся в природных объектах или искусственно синтезированные).

Атомы одного элемента могут превращаться в атомы другого; эти процессы осуществляются либо самопроизвольно (естественные радиоактивные превращения), либо искусственным путем (посредством различных ядерных реакций).

Перечисленные три положения современной атомистики практически охватывают основное ее содержание.

Надо отметить, что привычное понятие «атом», вообще говоря, выглядит анахронизмом, ибо представление об его «неизменности», «неделимости» уже давно опровергнуто. Делимость атома есть твердо установленный факт, и она определяется не только тем, что атом может быть «разъят» на составные части — ядро и электронное окружение, но и тем, что индивидуальность атома претерпевает изменение результатов разнообразных ядерных процессов.

Астрофизика

Открытия спектроскопии в XIX веке положили начало изучению внутренней структуры небесных тел на основе исследования излучаемого ими света. К XX веку астрофизика становится общепризнанной отраслью науки, областью, в которой работа лаборатории и обсерватории полностью сливается воедино. С самого же начала астрофизика приняла отличный от физики характер в том смысле, что она раскрывает структуры не только в пространстве, но и во времени. Шаг за шагом средствами астрономии начали определять размеры нашего Млечного пути, затем расстояния до близких и отдаленных туманностей, причем исследовались результаты наблюдений через гигантские телескопы, самым крупным из которых являлся 100-дюймовый телескоп обсерватории в Маунт Вилсон, построенный в 1915 году.

Что же представляет собой наша Вселенная, какое место в ней занимает Солнечная система и наша планета Земля?

Мы можем наглядно представить относительные масштабы Солнечной системы следующим образом. Пусть Солнце изображается биллиардным шаром диаметром 7 см. Тогда ближайшая к Солнцу планета — Меркурий находится от него в этом масштабе на расстоянии 280 см. Земля — 760 см, гигантская планета Юпитер удалена на расстояние около 40 м, а самая дальняя планета Плутон — на расстоянии около 300 м. Размеры земного шара в этом масштабе несколько больше 0,5 мм, лунный диаметр — около 0,1 мм, а орбита Луны имеет диаметр около 4 см.

Даже близкая к нам звезда — Проксима Центавра удалена от нас на неизмеримо большое расстояние по сравнению с размерами Солнечной системы. В астрономии часто употребляют единицу «световой год» для оценки межзвездных расстояний. Это такое расстояние, которое свет, двигаясь со скоростью 300 тыс. км/с проходит за год, около 10 000 млрд. км. Более научная единица — «парсек». 1 парсек (пс) равен 3,26 светового года.

Ни одна из звезд — наших ближайших соседей — не находится ближе 1 пс. Например, упомянутая Проксима Центавра удалена на 1,3 пс. В том масштабе, в котором мы изобразили Солнечную систему, это соответствует 2 тыс. км. Таким образом, наша Солнечная система сильно изолирована.

Но окружающие Солнце звезды и само Солнце составляют лишь ничтожно малую часть гигантского коллектива звезд и туманностей, который называется Галактикой.

Это скопление звезд мы видим в ясные ночи как полосу Млечного Пути. Часто форму Галактики сравнивают с двояковыпуклой линзой. На самом деле Галактика имеет довольно сложную структуру, и существует некий закон распределения. Разные типы звезд по разному концентрируются к центру Галактики. Отметим лишь, что наше Солнце находится на периферии Галактики вблизи от ее экваториальной плоскости. Расстояние от Солнца до ядра Галактики — около 30 тыс. световых лет.

Звезды и туманности в пределах Галактики движутся довольно сложным образом. Прежде всего они участвуют во вращении Галактики вокруг оси со скоростью примерно 250 км/сек. За время своего существования Солнце совершило примерно 25 оборотов вокруг оси вращения.

Уже несколько десятилетий астрономы настойчиво изучают другие звездные системы, в той или иной степени сходные с нашей. Этот раздел называется «внегалактическая астрономия». Он играет едва ли не ведущую роль в астрономии. Понемногу стали вырисовываться грандиозные контуры Метагалактики, в состав которой наша звездная система входит как малая частица. Мы можем определить Метагалактику как совокупность звездных систем — галактик, движущихся в огромных пространствах наблюдаемой нами Вселенной. Ближайшие к нашей звездной системе галактики — знаменитые Магеллановы Облака. Расстояние до Магеллановых Облаков «всего лишь» около 200 тыс. световых лет, что вполне сравнимо с общей протяженностью Галактики. Другая «близкая» к нам галактика — это туманность в созвездии Андромеды. В большие телескопы наблюдается огромное количество галактик.

Изучение спектров галактик позволило сделать одно открытие фундаментальной важности. Все галактики удаляются от нас, причем скорость этого «разлета» по мере удаления галактик растет. Причины расширения системы являются предметом современной космологии.

Современная космология начала складываться в 20-е годы нашего века на основе созданной Эйнштейном общей теории относительности. Из этой теории следует так называемая кривизна пространства и связь кривизны с плотностью массы (энергии). Космология, основанная на этих постулатах — релятивистская. Еще в 1922 году советский математик и геофизик А.А. Фридман нашел решение уравнений общей теории относительной для замкнутой расширяющейся Вселенной. Он установил, что искривленное пространство не может быть стационарным: оно должно или расширяться, или сжиматься.

Уравнения Фридмана теоретически обосновали нестационарность Вселенной. На этот вывод ученые не обращали внимание вплоть до открытия американским астроном Эдвином Хабблом (1889-1953) в 1929 году так называемого «красного смещения». Дело в том, что еще в XIX веке австрийский физик и астроном Кристиан Доплер обнаружил, что если источник света приближается, спектральные линии смещаются в сторону более коротких волн, если удаляется — в сторону более длинных (красных) волн. Это явление было названо эффектом Доплера. Э. Хаббл открыл «красное смещение» для всех далеких источников света. Красное смещение оказалось пропорциональным расстоянию до источника, что подтверждало гипотезу о расширении видимой части Вселенной. Тем самым теоретически построенные Фридманом модели нестационарной Вселенной были обоснованы результатами наблюдений. Уравнения Фридмана обеспечили математический фундамент большинству современных космологических теорий.

Существует два различных типа моделей Фридмана.

Если средняя плотность материи во Вселенной меньше некоторой критической величины или равна ей, то тогда Вселенная должна быть пространственно бесконечной. В этом случае современное расширение Вселенной будет продолжаться всегда.

В то же время, если плотность материи во Вселенной больше той же критической величины, тогда гравитационное поле, порожденное материей, искривляет вселенную, замыкая ее на себя; Вселенная в этом случае конечна, хотя и не ограничена, вроде поверхности сферы. Это означает, что если мы отправимся в путешествие по прямой линии, мы не сможем добраться до какого-то угла Вселенной, а просто вернемся туда, откуда начали свой путь. Гравитационные поля достаточно сильны для того, чтобы в конце концов остановить расширение Вселенной, так что рано или поздно она начнет снова сжиматься к состоянию бесконечно большой плотности.

В 1965 году американские ученые астрономы А. Пензиас и Р. Вилсон сделали с помощью радиотелескопа — устройства, предназначенного для приема радиоизлучения космических объектов, — открытие большой важности. Они установили, что во Вселенной имеется так называемое фоновое радиоизлучение, названное советским ученым И.С. Шкловским реликтовым. Реликтовое радиоизлучение образовалось на раннем этапе существования Вселенной, когда ей было всего около 3 млн лет.

Два экспериментально установленных положения: — расширение Вселенной и реликтовое излучение — являются убедительными доводами в пользу так называемой теории «большого взрыва», ставшей теперь общепризнанной.

До утверждения этой теории существовала теория стационарного состояния, согласно которой Вселенная всегда была почти такой, какой мы видим ее сейчас. В XVIII, XIX и даже в первой половине XX века в астрономии господствовал взгляд на Вселенную как на нечто статическое, не изменяющееся. Изучались движения планет и комет, химический состав звездных атмосфер и т. д. Но истинная картина меняющейся, богатой «скачками» и взрывами Вселенной стала ясной астрономам только во второй половине XX века.

Основываясь на теории расширяющейся Вселенной, оказалось возможным проследить развитие Вселенной в «обратную сторону», т. е. попробовать вернуться возможно дальше назад. Хотя осуществить такую реконструкцию было далеко не просто, но все же она оказалась успешной.

По современным представлениям, вначале был взрыв. Не такой взрыв, который знаком нам на Земле и который начинается из определенного места и затем распространяется, захватывая все больше и больше пространства, а взрыв, который произошел одновременно везде, заполнив с самого начала все пространство, причем каждая частица материи устремилась прочь от любой другой частицы.

Всего лишь через одну сотую секунды после взрыва Вселенная имела температуру порядка 100 000 миллионов К (10й К). При такой высокой температуре (выше температуры центра самой горячей звезды) молекулы, атомы и даже ядра атомов существовать не могут. Вещество Вселенной пребывало в виде элементарных частиц, среди которых преобладали электроны, позитроны, нейтрино, фотоны, а также в относительно малом количестве протоны и нейтроны. Плотность вещества Вселенной спустя 0,01 с после взрыва, несмотря на очень высокую температуру, была огромной — в 4 000 миллионов раз больше, чем у воды.

В конце первых трех минут после взрыва температура вещества Вселенной, непрерывно снижаясь, достигла 1 млрд. градусов (109 К). Плотность вещества также снизилась, но еще была близкой к плотности воды. При этой, хотя и очень высокой, температуре начали образовываться ядра атомов, в частности ядра тяжелого водорода (дейтерия) и ядра гелия. Однако вещество Вселенной в конце первых трех минут состояло в основном из фотонов, нейтрино и антинейтрино. Только по истечении нескольких сотен тысяч лет начали образовываться атомы, главным образом водорода и гелия. Силы гравитации превращали газ в сгустки, ставшие материалом для возникновения галактик и звезд.

Как следует из сказанного, за последние примерно 50 лет достигнуты значительные результаты в изучении звезд, галактик и даже Вселенной и их эволюции.

Один из главных выводов, к которому пришли астрономия и астрофизика, состоит в том, что Вселенная находится в состоянии непрерывной эволюции. Остановимся на эволюции звезд. Звезды образуются из газопылевой межзвездной среды, главным образом из водорода и гелия, в результате действия сил гравитации. Проследить эволюцию звезд помог факт, что во Вселенной существуют звезды всех «возрастов». Более того, образование новых звезд происходит и теперь.

Под действием гравитационных сил звезда сжимается и становится все более горячей. Когда температура достигает приблизительно 10 млн К, внутри звезды начинается термоядерная реакция. Для звезды начинается новая стадия эволюции. Сопротивление силам гравитации будет оказывать растущее давление внутри звезды, возникшее вследствие протекания термоядерной реакции. В некоторый момент будет достигнуто равновесие. В этом состоянии звезда может существовать долгое время, излучая в пространство огромную энергию. Например, Солнце в этом состоянии будет существовать 13 млрд. лет, из которых истекли 5 млрд.

Рано или поздно наступает такой момент, когда водород, необходимый для термоядерной реакции, будет израсходован. Температура и давление внутри звезды начнут снижаться, гравитационные силы начнут преобладать. Наступает новый этап эволюции звезды. Ее ядро, состоящее теперь из гелия (продукт реакции), начинает сжижаться, образуя плоскую горячую область. Но термоядерная реакция будет еще продолжаться на периферии, где еще сохранился водород. В это время, как следует из расчетов, размер звезды и ее светимость будет увеличиваться. Звезда превратится в так называемый красный гигант.

Температура гелиевого ядра достигнет 100-150 млн. К, начнется новая ядерная реакция превращения гелия в углерод.

Дальнейшая эволюция звезды зависит от ее массы. Если масса звезды меньше 1,2 массы Солнца, то после того, как завершится термоядерная реакция в периферийных слоях звезды (весь водород «выгорит») и закончится ядерная реакция в ядре звезды (весь гелий превратится в углерод), внешние слои отделятся и рассеются в пространстве, а оставшиеся внутренние слои звезды, очень горячие и плотные, будут представлять собой так называемый белый карлик. Постепенно остывая, они все меньше и меньше излучают, переходя в невидимые черные карлики. Это мертвые, холодные звезды очень большой плотности, в миллионы раз плотнее воды. Их размеры меньше размеров земного шара, хотя массы сравнимы с солнечной. Процесс остывания белых карликов длится много сотен миллионов лет. Так кончает свое существование большинство звезд.

Если же масса звезды превышает 1,2 массы Солнца, то ее дальнейшая эволюция имеет другой характер. После прекращения термоядерной реакции в ядре звезды огромные гравитационные силы приводят к так называемому гравитационному коллапсу — катастрофически быстрому сжатию, в результате которого центральная область звезды становится сверхплотной нейтронной звездой (ее плотность может достигать 1015 г/см3, т. е. превышать плотность атомных ядер), а периферические сферы звезды сбрасываются, — это явление может наблюдаться как огромная вспышка, именуемая вспышкой сверхновой звезды.

Если же центральная область звезды будет сжата до величины гравитационного радиуса (для Солнца, например, эта величина равна лишь 3 км, а для Земли — 0,9 см), то образуется так называемая черная дыра — сфера, в которой поле тяготения столь велико, что никакое излучение или частицы не могут выйти из этой сферы.

В 1967 году были открыты пульсары — космические тела, являющиеся источниками радиоизлучения. Это излучение носит импульсный характер, причем импульсы повторяются через очень короткий промежуток времени: от долей секунды до нескольких секунд. Пульсары относят к разряду нейтронных звезд.

В 1963 году были открыты новые астрономические объекты, находящиеся вне пределов нашей галактики и получившие название квазаров. Квазары удаляются от нашей Галактики с огромными скоростями — 100-200 тыс. км/с. По сумме всех характеристик квазаров предполагается, что они представляют собой ядра особо удаленных от нас галактик, в которых происходят поражающие своей мощью процессы, происхождение которых еще недостаточно ясно.

В заключение необходимо выделить основные проблемы современной физики. Об этих проблемах говорит академик В.Л. Гинзбург в своей статье «О перспективах развития физики и астрофизики в конце XX в.».

Макрофизика

Управляемый термоядерный синтез.

Высокотемпературная сверхпроводимость.

Новые вещества (проблема создания металлического водорода и некоторых других «необычных» веществ).

Поведение вещества в сверхсильных магнитных полях.

Изучение очень больших молекул. Жидкие кристаллы.

Разеры, гразеры и лазеры новых типов.

Нелинейные явления. Солитоны.

Сверхтяжелые элементы.

Микрофизика

Кварки и глюоны. Квантовая хромодинамика.

Единая теория слабого и электромагнитного взаимодействия.

«Великое объединение». Распад протона. Масса нейтрино. Суперобъединение.

Астрофизика

Экспериментальная проверка и граница применимости общей теории относительности.

Гравитационные волны.

Космологическая проблема. Связь космологии с физикой высоких энергий.

Нейтронные звезды и пульсары. Физика «черных дыр».

Квазары и ядра галактик. Образование галактик.

Происхождение космических лучей и космического гамма- и рентгеновского излучения.

Нейтринная астрономия.

Электроника

Ядерная физика и астрофизика достигли в XX веке огромных успехов в изучении окружающего мира, но наиболее значительные практические успехи были достигнуты в области электроники.

Электронику можно определить как науку о взаимодействии электронов с электромагнитными полями и о методах создания электронных приборов и устройств (вакуумных, газозарядных, полупроводниковых), используемых для передачи, обработки и хранения информации. Развитие электроники начинается в конце XIX — начале XX века. Электромагнитные волны, как известно, были изучены Герцем в 1886 г. Теория Максвелла объяснила их природу и свойства. В конце прошлого века электромагнитные волны были использованы для беспроволочной связи. Впервые это сделал русский инженер А.С. Попов в 1895 году. Примерно через год этот опыт повторил итальянский техник и предприниматель Г. Маркони. Он первым попытался послать радиосигналы через Атлантический океан, которые действительно были приняты. Это означало, что в атмосфере должно существовать какое-то подобие зеркала, отражающего радиоволны обратно на землю.

В 20-х годах Э. Эпплтон занялся изучением этого вопроса. Так была открыта ионосфера. Открытие Эпплтона легло в основу радиолокационного прибора, созданного в ходе второй мировой войны.

Использование коротких волн давало возможность направления их по точно определенным лучам, что было использовано в радиолокации. Непосредственным стимулом для ее развития явилась необходимость предупреждения воздушного нападения во время второй мировой войны. В дальнейшем радиолокация применялась для нахождения пути, съемки карт с воздуха, управления полетом самолетов, а также полетом снарядов и ракет. Методы радиолокации были использованы также для целей астрономии, в частности, для проверки расстояния до Луны. Возник также новый вид астрономии — радиоастрономия.

Настоящую революцию в области связи вызвало создание электронной лампы, которая делает возможным усиление и регенерацию волн. Электронные лампы нашли широкое применение главным образом в радиоаппаратуре и ЭВМ первого поколения.

Для целей войны было необходимо создать аппараты, которые бы могли выполнять сложные расчеты траектории снарядов и ракет. Это позволило к концу войны создать первые электронные счетные машины.

Предпосылки для создания быстродействующих счетных машин сложились к 40-м годам нашего века. К этому времени был создан соответствующий теоретический базис. В конце 30-х годов английский математик А. Тьюринг показал, что различные проблемы могут быть решены с помощью машин, если эти проблемы или задачи могут быть выражены посредством конечного числа операций.

В 1940 году американский математик Норберт Виннер предложил использовать в вычислительных машинах не десятичную систему счисления, а двоичную. В этом случае любое число можно записать только с помощью двух цифр — 1 и 0. Двоичная система счисления и бинарная логика, разработанная Джоржем Булем в XIX веке, играют ключевую роль в вычислительной технике.

В конце 30-х годов в вычислительных машинах начинают применяться электронные элементы, что позволило повысить быстродействие машин на три порядка. Первая ЭВМ, использующая элементы на электровакуумных триодах, была создана в Пенсильванском университете в 1945 году под руководством Дж. Маучли.

Ее назвали ЭНИАК. Первая ЭВМ была очень громоздкой. Она состояла из 18 тысяч электронных ламп, 1500 реле и занимала зал длиной 30 метров. За одну секунду этот гигант мог складывать или вычитать пять тысяч чисел. Но машина часто простаивала из-за того, что перегорали лампы, выходили из строя реле, много времени тратилось на подготовительные работы. Операторы, обслуживающие ЭНИАК, отставали от него.

В 1946 году американский математик и физик Джон фон Нейман выдвинул и обосновал принципы создания новых ЭВМ. В них предполагался переход на двоичную систему счисления, а также ввод и хранение программы в памяти ЭВМ аналогично данным. Идеи Неймана и постройка под его руководством новой ЭВМ — ЭДВАК — оказали существенное влияние на дальнейшее развитие вычислительной техники.

Прогресс вычислительной техники в 40-50-е годы был обусловлен появлением ряда работ по численному анализу. В 1944 году была опубликована книга фон Неймана и О. Моргенштерна «Теория игр и оптимальное поведение», а в 1948 году вышла книга Н. Виннера «Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине». Эти работы оказались очень продуктивными для дальнейшего развития ЭВМ. На основе идей Виннера удалось создать общую теорию информации и связи, применимую в самых различных областях — от физики до биологии и языкознания. В развитии теории информации сыграли важную роль работы советских ученых А.Н. Колмогорова и А.Я. Хинчина.

В СССР разработка первой отечественной ЭВМ с запоминаемой программой началась в 1947 году в Киеве под руководством академика С.Я. Лебедева (1902-1974). Серийное производство ЭВМ началось практически одновременно в СССР и США в 1951-1952 годах.

Парк ЭВМ увеличивался очень высокими темпами. Если в 1952-1953 годах их было несколько десятков, то в 1965 году во всем мире использовалось уже около 40 тыс. ЭВМ, а в 1970 году — свыше 100 тыс.

В развитии вычислительной техники можно выделить несколько этапов («поколения» ЭВМ).

К первому поколению ЭВМ (1950-1958 гг.) относятся ламповые вычислительные машины. Они были громоздки и малонадежны, отличались высокой стоимостью и большим энергопотреблением, работали в однопрограммном режиме, обладали низким быстродействием.

Ко второму поколению относятся полупроводниковые ЭВМ (1959-1967 гг.), в которых электронные лампы были заменены транзисторами. В ЭВМ второго поколения были применены новые принципы организации и работы машины: совмещение операций ввода и вывода данных с вычислениями на центральном процессоре, повышение быстродействия процессора за счет параллельного во времени выполнения частей 1-2 команд.

Параллельно с техническим совершенствованием ЭВМ шла работа по созданию универсальных языков, пригодных для широкого класса машин. В 60-х годах были разработаны и получили широкое распространение универсальные языки АЛГОЛ, КОБОЛ, ФОРТРАН и др.

В середине 60-х годов появились так называемые интегральные схемы: на миниатюрной монокристаллической пластинке полупроводника размещалось значительное количество логических элементов.

К третьему поколению (середина 60-х годов) относятся машины, построенные на интегральных схемах. Это программно-совместимые ЭВМ, отличающиеся большой производительностью, максимальным объемом оперативной памяти, составом периферийного оборудования.

Новый этап использования ЭВМ связан с появлением быстродействующих и весьма емких запоминающих устройств. Одновременно была решена задача быстрого поиска данных. При создании и эксплуатации ЭВМ первых двух поколений практически не решался вопрос обеспечения удаленного доступа к ЭВМ. Появление баз данных и резкое повышение мощности вычислительных ресурсов поставили на повестку дня задачу обеспечения одновременного доступа к ним различных потребителей, находящихся географически в самых разных точках. Для потребителя это означало возможность обращения к любой ЭВМ и соответствующей базе данных независимо от места расположения этой ЭВМ. Новые возможности хранения, быстрого поиска и передачи информации означают революцию в системах накопления и доступа к освоенным знаниям. Наступает важный в жизни человечества этап «безбумажной информатики»: информация поступает к специалистам прямо на рабочее место — экран дисплея.

Созданные в начале 60-х годов первые образцы микросхем содержали тысячи активных элементов (диодов, транзисторов) в одном кубическом сантиметре. С каждым последующим десятилетием количество элементов увеличивалось примерно в 10 раз.

В начале 80-х годов стали выпускать микросхемы, содержащие до 100 тысяч элементов в одном кубическом сантиметре, а во второй половине 80-х годов это число перевалило за миллион. Вслед за интегральными схемами (ИС) появились большие интегральные схемы (БИС) и сверхбольшие интегральные схемы (СБИС).

Особенно активно интегральные схемы начала разрабатывать и производить американская фирма «Интел». В 1971 году «Интел» создает семейство микропроцессоров 4004 с четырехразрядными порциями информации. Процессор стоил 200 долларов, в нем 2,3 тыс. транзисторов. В 1976 г. создан 8-разрядный микропроцессор 8080. Было предложено создать на его основе персональный компьютер.

1985 год — 32-разрядный процессор 1386, в котором 275 тыс. транзисторов, быстродействие — 5 млн операций в секунду.

1989 год — микропроцессор I486; содержит 1,2 млн транзисторов, быстродействие — 20 MIPS.

1993 год — микропроцессор Pentium; 3,1 млн транзисторов; производительность 90 MIPS.

1995 год — Pentium-Pro, 5,5 млн транзисторов, производительность 300 MIPS.

Этот фантастический прогресс — результат глубоких исследований и миллиардных капвложений.

Один из путей развития электроники — создание микросхем на основе белковых структур. Вот первые результаты: японская фирма «Сантори ЛТД» создала первые образцы так называемых биочипов — микросхем, выполняющих функции электронной памяти на основе искусственно выращенных белковых структур. По оценкам японских специалистов в ближайшем будущем емкость памяти микросхем на биочипах превысит емкость памяти микросхем, выполненных на полупроводниковых кристаллах, в 109 (в миллиард) раз.

Сравнивая современный персональный компьютер с громоздкой ЭВМ первого поколения, мы видим, как высоко мы поднялись. Сравнивая тот же компьютер с мозгом, мы понимаем, что до уровня совершенства, которого путем длительной эволюции достигла природа, нам пока еще весьма далеко.

Нейронные сети чрезвычайно компактны: 1011 нейронов мозга уместились в объеме 1,5 литра. Сеть из 1011 искусственных электронных нейронов, выполненная на обладающих самой высокой степенью интеграции микросхемах, получилась бы величиной с жилой дом. Причем этот гигантский искусственный мозг был бы весьма примитивен по сравнению не только с человеческим мозгом, но и с мозгом животных. Мозг курицы сравнительно примитивен. Ее интеллект не способен усвоить даже простые арифметические действия сложения, вычитания или умножения. Зато курица находит зерно среди травы, мелких камешков, разного мусора. Подобную операцию пока неспособно выполнить созданное для распознавания зрительных образов электронное устройство.

В последние десятилетия ведутся активные исследования по проблеме искусственного интеллекта. Когда работа по моделированию только начиналась, казалось, что достаточно увеличить быстродействие машины и объем памяти — и проблема будет решена, но потом стало ясно, что проблема не сводится к перебору множества вариантов. Тогда встала чисто теоретическая проблема: а что такое мышление? Ответить на этот вопрос не так просто. Мышление не сводится к решению задач. Это еще и творчество, целеполагание, умение задачу сформулировать. Поэтому если даже мы сумеем смоделировать работу мозга, неизбежно встает вопрос: какую программу в этот искусственный мозг надо закладывать? Если программа задается человеком, то искусственный интеллект — это просто орудие для усиления человеческого мышления. Так, бинокль усиливает возможности наших глаз, но он не может видеть. Если искусственный интеллект сам создает себе программы, т. е. воспроизводит одну из важнейших функций интеллекта — творчество, тогда возникает проблема цели «ради чего»? Цели человеческой деятельности и мышления задает общество, в котором живет человек. Следовательно, искусственный интеллект необходимо «социализировать», ввести в социум, сделать его реальным членом общества, наделить чувствами, эмоциями, волей. Но где гарантии, что цели искусственного интеллекта и цели общества совпадут? Все эти вопросы показывают, что проблема искусственного интеллекта — это не только техническая проблема, но и проблема философская, гуманитарная. Для ее решения необходимо объединить усилия ученых различных направлений.

Химия

Химия — наука, теснейшим образом связанная с физикой. Она рассматривает главным образом превращения веществ, изучает элементы (простейшие вещества, образуемые одинаковыми атомами) и сложные вещества, состоящие из молекул (сочетаний различных атомов).

Во второй половине XVIII и начале XIX века в работах ученых преобладало изучение и описание свойств химических элементов и их соединений. Кислородная теория Лавуазье (1743-1794) и атомная теория Дальтона (1766-1844) заложили основы теоретической химии. Открытия, вызванные атомно-молекулярным учением, начали играть существенную роль в производственной практике.

Атомистические представления о строении вещества породили много теоретических проблем. Необходимо было выяснить, что происходит с атомами, образующими молекулярные структуры? Сохраняют ли атомы свои свойства в составе молекул и как они взаимодействуют друг с другом? Действительно ли атом прост и неделим? Эти и другие вопросы необходимо было решить.

Без атомной теории нельзя было создать учение об ионах, а без понимания ионного состояния материи нельзя было разрабатывать теорию электролитической диссоциации, а без нее — понять истинный смысл аналитических реакций, а затем понять роль иона как комплексообразователя и т. д.

Разработка проблем органической химии привела к созданию учения о замещении, теории типов, учения о гомологии и валентности. Открытие изомерии выдвинуло важнейшую задачу — изучить зависимость физико-химических свойств соединений от их состава и строения. Исследования изомеров наглядно показали, что физические и химические свойства веществ зависят не только от расположения атомов в молекулах.

К середине XIX века на основе учения о химическом соединении и химических элементах, на базе атомно-молекулярной теории оказалось возможным создать теорию химического строения и открыть периодический закон химических элементов. Во второй половине XIX века происходит постепенное превращение химии из описательной науки, изучающей химические элементы, состав и свойства их соединений, в теоретическую науку, исследующую причины и механизм превращения веществ. Стало возможным управлять химическим процессом, преобразовывая вещества, природные и синтетические, в полезные продукты. К концу XIX века были получены и изучены десятки тысяч новых органических и неорганических веществ. Открыты фундаментальные законы и созданы обобщающие теории. Достижения химической науки внедрялись в промышленность. Были построены и хорошо оборудованы химические лаборатории и физико-химические институты.

Химия принадлежит к той категории наук, которые своими практическими успехами способствовали повышению благосостояния человечества. В настоящее время развитие химии имеет ряд характерных черт. Во-первых, это размывание границ между основными разделами химии. Например, ныне можно назвать тысячи соединений, которые нельзя однозначно причислить к органическим или неорганическим. Во-вторых, развитие исследований на стыке физики и химии породило большое число специфических работ, которые в итоге сформировались в самостоятельные научные дисциплины. Достаточно назвать, например, термохимию, электрохимию, радиохимию и т. д. В то же время «расщепление >> химии шло и по объектам исследования. На этом направлении возникли дисциплины, изучающие:

1) отдельные совокупности химических элементов (химия легких элементов, редкоземельных элементов).

2) отдельные элементы (например, химия фтора, фосфора и кремния).

3) отдельные классы соединений (химия гидридов, полупроводников).

4) химия особых групп соединений, куда относится элементарная и координационная химия.

В-третьих, для химии партнерами для интеграции явилась биология, геология, космология, что привело к рождению биохимии, геохимии и т. д. Произошел процесс «гибридизации».

Одной из важных задач современной химии является предсказание условий синтеза веществ с заранее заданными свойствами и определение их физических и химических параметров.

Охарактеризуем основные направления современной химии. Химию принято подразделять на пять разделов: неорганическая, органическая, физическая, аналитическая и химия высокомолекулярных соединений.

Основными задачами неорганической химии являются: изучение строения соединений, установление связи строения со свойствами и реакционной способностью. Также разрабатываются методы синтеза и глубокой очистки веществ. Большое внимание уделяется кинетике и механизму неорганических реакций, их каталитическому ускорению и замедлению. Для синтезов все чаще применяют методы физического воздействия: сверхвысокие температуры и давления, ионизирующее излучение, ультразвук, магнитные поля. Многие процессы проходят в условиях горения или низкотемпературной плазмы. Химические реакции часто сочетают с получением волокнистых, слоистых и монокристаллических материалов, с изготовлением электронных схем.

Неорганические соединения применяются как конструкционные материалы для всех отраслей промышленности, включая космическую технику, как удобрение и кормовые добавки, ядерное и ракетное топливо, фармацевтические материалы.

Органическая химия — наиболее крупный раздел химической науки. Если число известных неорганических веществ насчитывает около 5 тыс., то еще в начале 80-х было известно более 4 млн органических веществ. Общепризнано огромное значение химии полимеров. Так, еще в 1910 году СВ. Лебедев разработал промышленный способ получения бутадиена, а из него каучука.

В 1936 году У. Карозерс синтезирует «найлон», открыв новый тип синтетических полимеров — полиамиды. В 1938 году Р. Планкет случайно открывает тефлон, создавший эпоху синтеза фторполимеров с уникальной термостабильностью, создаются «вечные» смазочные масла (пластмассы и эластомеры), широко используемые космической и реактивной техникой, химической и электротехнической промышленностью. Благодаря этим и многим другим открытиям из органической химии выросла химия высокомолекулярных соединений (или полимеров).

Начавшиеся в 30-40-е годы широкие исследования фосфорорганических соединений (А.Е. Арбузов) привели к открытию новых типов физиологически активных соединений — лекарственных препаратов, отравляющих веществ, средств защиты растений и др.

Химия красителей практически дала начало химической индустрии. Например, химия ароматических и гетероциклических соединений создала первую отрасль химической промышленности, продукция которой ныне превосходит 1 млрд тонн, и породила новые отрасли — производство душистых и лекарственных веществ.

Проникновение органической химии в смежные области — биохимию, биологию, медицину, сельское хозяйство — привело к изучению свойств, установлению структуры и синтезу витаминов, белков, нуклеиновых кислот, антибиотиков, новых ростовых средств и средств борьбы с вредителями.

Ощутимые результаты дает применение математического моделирования. Если нахождение какого-либо фармацевтического препарата или инсектицида требовало синтеза 10-20 тыс. веществ, то с помощью математического моделирования выбор делается лишь в результате синтеза нескольких десятков соединений.

Роль органической химии в биохимии трудно переоценить. Так, в 1963 году В. Виньо синтезировал инсулин, также были синтезированы окситоцин (пептидный гормон), вазопрессин (гормон обладает антидиуретическим действием), брадикикин (обладает сосудорасширяющим действием). Разработаны полуавтоматические методы синтеза полипептидов (Р. Мерифилд, 1962).

Вершиной достижений органической химии в генной инженерии явился первый синтез активного гена (X. Корана, 1976). В 1977 году синтезирован ген, кодирующий синтез человеческого инсулина, а в 1978-м — ген сомато-статина (способен угнетать секрецию инсулина, пептидный гормон).

Физическая химия объясняет химические явления и устанавливает их общие закономерности. Физическая химия последних десятилетий характеризуется следующими чертами. В результате развития квантовой химии (использует идеи и методы квантовой физики для объяснения химических явлений) многие проблемы химического строения веществ и механизма реакций решаются на основании теоретических расчетов. Наряду с этим широко используются физические методы исследования — рентгеноструктурный анализ, дифракция электронов, спектроскопия, методы, основанные на применении изотопов и др.

Аналитическая химия рассматривает принципы и методы изучения химического состава вещества. Включает количественный и качественный анализ. Современные методы аналитической химии связаны с необходимостью получения полупроводниковых и других материалов высокой частоты. Для решения этих задач были разработаны чувствительные методы: активационный анализ, химико-спектральный анализ и др.

Активационный анализ основан на измерении энергии излучения и периодов полураспада радиоактивных изотопов, образующихся в исследуемом веществе при облучении его ядерными частицами.

Химико-спектральный анализ состоит в предварительном выделении определяемых элементов из пробы и в получении их концентрата, который анализируют методами эмиссионного спектрального анализа (метод элементного анализа по атомным спектрам испускания). Эти методы позволяют определить 10~7-10~8 % примесей.

Биология

Биологией называется совокупность наук о живой природе. За последние десятилетия в биологии применяются понятия и методы физики и химии. Поэтому, наряду с такими «чистыми» биологическими науками, как ботаника — наука о растениях, зоология — наука о животных, микробиология — наука о микроорганизмах, генетика — наука о законах наследственности и изменчивости организмов, в систему наук, в целом составляющих биологию, вошли биофизика, биохимия, молекулярная биология.

Поскольку объектом изучения биологии является живая природа, естественно возникает вопрос: что следует понимать под словом «жизнь»? Общим ответом на этот вопрос является: жизнь есть одна из форм существования материи. Но появляется второй вопрос: в чем особенности этой формы существования материи? На этот вопрос, по-видимому, нельзя дать столь же короткий ответ, как на предыдущий, — жизнь характеризуется рядом важнейших признаков. Живой организм должен быть способен к обмену веществ (метаболизму), т. е. быть в состоянии усваивать извне определенные вещества (например, пищу, кислород), подвергать их химической переработке, выделять вовне ненужные ему продукты. Он должен быть также способен к воспроизводству себе подобных, причем так, чтобы в данном воспроизводстве сохранялся биологический вид. Живой организм также должен быть в состоянии регулировать свои функции, приспосабливая их к изменениям среды, различным видам движения и к другим условиям.

Но не всегда легко определить применительно к некоторым объектам, можно ли их отнести к живым организмам или нет. Речь идет, например, о вирусах — мельчайших неклеточных частицах, состоящих из нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) и белковой оболочки, способных вызывать болезни у растений, животных и человека (например, оспу, корь, грипп, полиомиелит, чуму рогатого скота, птиц, бешенство и др.).

Говоря о живых организмах, необходимо отметить, что все они состоят из клеток. Известные сегодня клетки очень разнообразны. Например, их размеры, как правило, колеблются от 1 мкм до 1 м. Существуют одноклеточные организмы, например, бактерии. И наоборот, многие состоят из очень большого числа клеток. Например, организм человека состоит приблизительно из 500 000 миллиардов (5\*1014) клеток. Клетки имеют очень тонкую клеточную мембрану, так называемую цитоплазму и ядро. Клеточная (плазматическая) мембрана участвует в регуляции обмена веществ между клеткой и средой, цитоплазма — внеядерная часть белка клетки, ядро — часть клетки, управляющая синтезом белка.

Как по своему строению и размерам, так и по исполняемым функциям клетки также очень разнообразны. Их разделяют, в частности, на клетки, составляющие тело (соматические), и клетки, служащие для размножения. В организме человека среди огромного числа клеток существуют клетки мышц, стенок кровеносных сосудов, соединительных тканей, нервов (некоторые из них имеют длину около 1 м; например, клетка, соединяющая концы пальцев ног со спинным мозгом), кожи. Красные тельца крови — эритроциты также являются клетками; их в организме человека имеется около 25 млрд.

В состав организма человека входят также кости, образованные костеобразующими клетками и состоящие из фосфата кальция, а также из белка коллагена. В теле человека имеется жидкость: кровь (около 5 л), лимфа, обеспечивающая обмен веществ между кровью и тканями организма, и др.

Белки являются основной частью организма всех растений и животных, в том числе и человека. В состав белков входят аминокислоты. Растения и большинство микроорганизмов сами синтезируют их в своем организме. Что касается животных и человека, то они не могут синтезировать 20 аминокислот примерно из 150. Поэтому эти 20 аминокислот называются незаменимыми, и животные должны получать их с пищей.

Для жизнедеятельности человека особенно важными являются 9 незаменимых аминокислот. Все остальные необходимые организму человека аминокислоты могут вырабатываться самим организмом. Очень важным ингредиентом пищи является белок казеин — основной белок молока. Из казеина (из молока) организм человека может получать все необходимые ему незаменимые аминокислоты.

Большое значение для деятельности живого организма имеют ферменты — катализаторы химических реакций, протекающих в организме. В 1857 году основоположник современной микробиологии и иммунологии, известный французский ученый Луи Пастер (1822-1925) отверг теорию «самозарождения» микроорганизмов, изучил процесс брожения, играющий огромную роль в круговороте веществ в природе и в жизнедеятельности микробов. Пастер занимался инфекционными заболеваниями и достиг большого успеха в их лечении и профилактике. Было установлено, что ферменты (их называют также энзимами), присутствующие во всех живых клетках, представляют собой белки (очень большие молекулы), могущие существовать в кристаллической форме, чаще всего образуются в результате жизнедеятельности микроорганизмов.

Для нормальной жизнедеятельности живых организмов требуется в небольших количествах еще один вид органических соединений — витамины, участвующие в обмене веществ. Большинство витаминов человек получает с пищей, некоторые образуются в организме.

Современная биология основывается на тех достижениях, которые были сделаны в этой науке во второй половине века: создание Ч. Дарвином эволюционного учения, основополагающие работы К. Бернара в области физиологии, основополагающие исследования Л. Пастера, Р. Коха и И.И. Мечникова в области микробиологии и иммунологии, работы И.М. Сеченова и И.И. Павлова в области высшей нервной деятельности и, наконец, блестящие работы Г. Менделя, хотя и не получившие известности до начала

века, но уже выполненные их выдающимся автором. XX век является продолжением не менее интенсивного прогресса в биологии. В 1900 году голландским ученым-биологом, одним из основателей учения об изменчивости и эволюции, X. де Фризом (1848-1935), немецким ученым-ботаником К.Э. Корренсом (1864-1933) и австрийским ученым Э. Чермак-Зейзенеггом (1871-1962) независимо друг от друга и почти одновременно вторично были открыты и стали всеобщим достоянием законы наследственности, установленные Менделем.

Развитие генетики после этого происходило быстро. Был принят принцип дискретности в явлениях наследственности, открытый еще Менделем; опыты по изучению закономерностей наследования потомками свойств и признаков родителей были значительно расширены. Было принято понятие «ген», введенное, как уже говорилось, известным датским биологом Вильгельмом Людвигом Иогансоном (1857-1927) в 1909 году и означающее единицу наследственного материала, ответственного за передачу по наследству определенного признака.

Утвердилось понятие хромосомы как структурного ядра клетки, содержащего дезоксирибонуклеиновую кислоту (ДНК) — высокомолекулярное соединение, носитель наследственных признаков.

Дальнейшие исследования показали, что ген является определенной частью ДНК и действительно носителем только определенных наследуемых свойств, в то время как ДНК - носитель всей наследственной информации организма.

Развитию генетики способствовали в большой мере исследования известного американского биолога, одно из основоположников этой науки, Томаса Ханта Моргана (1866-1945), и его учеников, которым удалось определить расположение генов в хромосомах плодовой мушки дрозофилы (Drosophila), на которой они проводили опыты.

Важно отметить, что все клетки данного организма (в том числе, разумеется, и половые) имеют один и тот же набор генов, что сохраняет устойчивость организмов при размножении, а при делении клеток происходит также удвоение молекул ДНК.

Уже упоминавшийся выдающийся американский ученый Морган сформулировал хромосомную теорию наследственности. Большинство растительных и животных организмов являются диплоидными, т. е. их клетки (за исключением половых) имеют наборы парных хромосом, однотипных хромосом от женского и мужского организмов. Хромосомная теория наследственности сделала более понятными явления расщепления в наследовании признаков.

Важным событием в развитии генетики стало открытие мутаций — возникающих внезапно изменений в наследственной системе организмов и потому могущих привести к устойчивому изменению свойств гибридов, передаваемых и далее по наследству. Своим возникновением мутации обязаны либо случайным в развитии организма событиям (их обычно называют естественными или спонтанными мутациями), либо искусственно вызываемым воздействиям (такие мутации часто именуют индуцированными). Все виды живых организмов (как растительных, так и животных) способны мутировать, т. е. давать мутации. Это явление — внезапное возникновение новых, передающихся по наследству свойств — известно в биологии давно. Однако систематическое изучение мутаций было начато уже известным читателю голландским ученым Хуго де Фризом, установившим и сам термин «мутации». Было обнаружено, что индуцированные мутации могут возникать в результате радиоактивного облучения организмов, а также могут быть вызваны воздействием некоторых химических веществ.

Следует отметить первооткрывателей всего того, что связано с мутациями. Советский ученый-микробиолог Георгий Адамович Надсон (1867-1940) вместе со своими коллегами и учениками установил в 1925 году воздействие радиоизлучения на наследственную изменчивость у грибов. Известный американский генетик, Герман Джозеф Меллер (1890-1967), работавший в течение 1933-1937 годов в СССР, обнаружил в 1927 году в опытах с дрозофилами сильное мутагенное действие рентгеновских лучей. В дальнейшем было установлено, что не только рентгеновское, но и любое ионизированное облучение вызывает мутации.

Советские ученые-генетики Максим Николаевич Мейсель (р. 1901), Владимир Владимирович Сахаров (1902-1969), Михаил Ефимович Лобашев (1907-1971) обнаружили в период 1928-1934 годов мутагенное воздействие на организмы некоторых химических веществ. Эти работы были успешно продолжены советским ученым-генетиком Иосифом Абрамовичем Рапопортом (р. 1912) и другими советскими и иностранными учеными.

Достижения генетики (и биологии в целом) за прошедшее после выхода в свет книги Дарвина «Происхождение видов» время так значительны, что было бы удивительно, если бы все это никак не повлияло на дарвиновскую теорию эволюции. Два фактора: изменчивость и наследственность, которым Дарвин придавал большое значение, получили более глубокое толкование.

Изменчивость растительного или животного организма может быть достигнута двумя путями: либо непосредственным воздействием внешней среды, в результате которого наследственный аппарат организма не изменяется, либо посредством мутаций, характерных тем, что они вызывают изменения наследственного аппарата (генов, хромосом), и поэтому происходящие в этом случае изменения организма являются наследственными.

Итак, дальнейшее развитие биологии и входящей в нее составной частью генетики, во-первых, еще более укрепило дарвиновскую теорию эволюции живого мира и, во-вторых, дало более глубокое толкование (соответствующее достигнутым успехам в биологии) понятиям изменчивости и наследственности, а следовательно, всему процессу эволюции живого мира. Более того, можно сказать, что успехи биологии выдвинули эту науку в ряды лидеров естествознания, причем наиболее поразительные ее достижения связаны с изучением процессов, происходящих на молекулярном уровне.

Прогресс в области изучения макромолекул до второй половины нашего века был сравнительно медленным, но благодаря, как уже говорилось, технике физических методов анализа, скорость его резко возросла. На основе полученных данных о структуре вещества удалось воссоздать строение ряда белков и полипептидных гормонов, а также синтезировать некоторые менее сложные вещества. Химия белков, которая несколько лет назад казалась мало обещающей областью, сегодня выдвинулась на передний край науки, а раскрытие структуры дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) послужило началом интенсивных исследований в химии и биологии. Являясь носителем и передатчиком наследственных качеств и играя основную роль в синтезе клеточных белков, нуклеиновые кислоты образуют группы веществ, важность которых трудно переоценить.

Уже к началу 40-х годов в распоряжении ученых имелись надежные методы выделения и фракционирования биополимеров.

У. Астбери ввел в науку термин «молекулярная биология» и провел основополагающие исследования белков и ДНК. Хотя в 40-е годы почти повсеместно господствовало мнение, что гены представляют собой особый тип белковых молекул, в 1944 году О. Эвери, К. Маклеод и М. Маккарти показали, что генетические функции в клетке выполняет не белок, а ДНК. Установление генетической роли нуклеиновых кислот имело решающее значение для дальнейшего развития молекулярной биологии, причем было показано, что эта роль принадлежит не только ДНК, но и РНК (рибонуклеиновой кислоте).

40-е годы ознаменовались коренным изменением взгляда на структуру нуклеиновых кислот; до этого предполагалось, что все кислоты построены из одинаковых тетра-нуклеотидных блоков и поэтому лишены специфичности. Отказ от этого представления произошел в результате детального исследования структуры нуклеиновых кислот, в которых первые крупные достижения принадлежали Д. Гуланду (Англия) и Э. Чаргаффу (США). Чаргаффу в 1949-1951 годах удалось показать, что нуклеиновые кислоты обладают специфичностью, т. е. что кислоты, полученные из разных биологических источников, различаются по своему составу.

Результаты, полученные Чаргаффом, создали предпосылку расшифровки молекулы ДНК, которую произвели в 1953 году Ф. Крик (Англия) и Д. Уотсон (США).

Уотсону и Крику удалось построить модель молекулы ДНК, напоминающую двойную спираль. Если эту спираль развернут на плоскость, то полученная структура будет напоминать лестницу. Таким образом, оказалось, что строение одной ветви молекулы ДНК целиком определяет строение другой ветви, поскольку последовательность оснований, примыкающих к одной из направляющих, однозначно определяет последовательность оснований, примыкающих к другой направляющей. Это важное свойство молекулы ДНК, названное комплиментарностью (дополнительностью), определяет генетическую функцию молекулы.

Для дальнейшего процесса становления молекулярной биологии большое значение имела работа по расшифровке механизмов репликации ДНК и транскрипции. Уотсон и Крик предположили, что репликация (воспроизведение) молекулы происходит следующим образом: двойная спираль раскручивается, и составляющие ее нити расходятся, разделяясь в местах соединения оснований. Затем на каждой из нитей в соответствии с правилами комплиментарности образуется новая молекула. В 1957 году американский биохимик А. Кронберг провел биосинтез ДНК с помощью репликации, подтвердив тем самым гипотезу Крика и Уотсона. Для того чтобы осуществить этот процесс, Кронбергу понадобилось выделить фермент, катализирующий его. За открытие этого фермента — полимеразы — и синтез ДНК Кронберг в 1959 году получил Нобелевскую премию по медицине (он разделил ее с С. Очоа, который провел биосинтез РНК).

Генетическая информация кодируется в ДНК с помощью четырех символов (оснований), располагающихся в определенной последовательности. Однако, поскольку существует 20 основных белковых аминокислот, следующей задачей было выяснить, каким образом запись на четырехбуквенном алфавите в ДНК переводится в запись на двадцатибуквенном алфавите в белках.

Решающий вклад в решение этой проблемы был сделан Г.А. Гамовым в 1954 году. Он предположил, что каждая аминокислота кодируется сочетанием из трех нуклеотидов (нуклеотид представляет собой элементарный мономер ДНК, состоящий из сахара, фосфата и основания). Доказательство этого предположения было получено лишь в 1961 году в результате работ Ф. Крика, Л. Барнета, С. Бреннера и Р. Ваттс-Тобина (Великобритания), а также работ М. Нирнберга и Дж. Маттеи (США).

К началу 60-х годов уже сложилось четкое понимание основных процессов передачи информации в клетке при синтезе белка. К понятию репликации прибавились понятия транскрипции и трансляции. При раздвоении молекулы ДНК последовательность ее оснований переводится в комплиментарную последовательность оснований информационной РНК (РНК, как и ДНК, построена с помощью четырех оснований, лишь вместо тимина в ней используется урацил — вещество, близкое ему по свойствам). Этот процесс передачи информации от гена матричной РНК называется транскрипцией. Затем РНК перемещается из ядра в цитоплазму, где она соединяется с рибосомой — субмикроскопической структурой, в которой происходит белковый синтез. В рибосоме происходит считывание генетической информации, т. е. последовательность оснований, содержащихся в РНК, приводится в последовательность аминокислот. Этот процесс называется трансляцией. Аминокислоты захватываются небольшими участками транспортной РНК и переносятся в нужное место к информационной РНК, находящейся в рибосоме. Для каждой аминокислоты есть своя транспортная РНК, состоящая приблизительно из 80 нуклеотидов. Так как насчитывается 20 аминокислот, то существует 20 транспортных РНК, каждая из которых соответствует кодону — тройке нуклеотидов в кодовой последовательности информационной (матричной) РНК. Когда все кодовые элементы информационной РНК соответствуют своим дополнительным элементам, аминокислоты располагаются в требуемом порядке, соединяясь через пептидные связи в цепь. Образовавшийся белок сходит с матрицы и процесс повторяется.

Наряду с изучением нуклеиновых кислот и процессом синтеза белка в молекулярной биологии большое значение с самого начала имели исследования структуры и свойств самих белков.

Параллельно с расшифровкой аминокислотного состава белков проводились исследования их пространственной структуры. Среди важнейших достижений этого направления следует назвать теорию спирали, разработанную в 1951 году Э. Полингом и Р. Кори. Согласно этой теории, полипептидная цепь белка не является плоской, а свернута в спираль, характеристики которой были также определены. Крупным достижением 50-х годов было определение пространственной структуры миоглобина (Дж. Кендрью) и гемоглобина (М. Перутц).

После проблемы специфичности белкового синтеза на первом месте в молекулярной биологии оказалась проблема регуляции синтеза белков, или, что то же самое, регуляции активности генов.

В 1961 году французские биохимики Ф. Жакоб и Ж. Моно предложили схему регуляции активности генов, которая сыграла исключительную роль в понимании регуляторных механизмов вообще. Согласно схеме Жакоба и Моно, в ДНК кроме структурных (информационных) генов имеются еще гены-регуляторы и гены-операторы. Эти виды генов особым образом влияют на работу структурного гена.

Несмотря на молодость молекулярной биологии, успехи, достигнутые ею в этой области, ошеломляющи. За сравнительно короткий срок были установлены природа гена и основные принципы его организации, воспроизведения и функционирования. Полностью расшифрован генетический код, выявлены и исследованы механизмы и главные пути образования белка в клетке. Полностью определена первичная структура многих транспортных РНК — специфических молекул-адаптеров, осуществляющих перевод языка нуклеиновых матриц на язык аминокислотной последовательности синтезирующегося белка. Установлены основные принципы организации разных субклеточных частиц, многих вирусов, и разгаданы пути их биогенеза в клетке.

Другое направление молекулярной генетики — исследование мутации генов. Современный уровень знаний позволяет не только понять эти тонкие процессы, но и использовать их в своих целях. Разрабатываются методы генной инженерии, позволяющие внедрить в клетку желаемую генетическую информацию. В 70-е годы появились методы выделения в чистом виде фрагментов ДНК с помощью электрофореза.

Транспортным средством переноса генетической информации в клетку стал вирус. Явление трансдукции — переноса генов из одной клетки в другую с помощью вирусов — изучали еще с 50-х годов.

Появилась возможность изучать распределение нуклеотидов в определенном гене или получать нужный белок. Для этого создается рекомбинантная ДНК, которая возникает, когда ДНК одного организма внедряется в клетки другого. Так, в 80-е годы были разработаны интерфероны — белки, способные подавлять размножение вирусов. Были выбраны наиболее подходящие для переноса гены и мобильные участки ДНК. Например, культурным растениям вводят гены, повышающие их иммунитет и устойчивость. Барбара Макклинток при изучении генетики кукурузы обнаружила в ее геноме один подвижный ген, отвечающий за цвет початка. Подвижные (мобильные) гены представляют собой структурно и генетически дискретные фрагменты ДНК, способные перемещаться по геному клеток. Механизм перемещения фрагментов ДНК по геному до конца не выяснен. Встраиваясь в различные участки хромосом, они вносят в геном факторы нестабильности и изменчивости, что, возможно, определяет их важную роль в эволюции.

В 1981 году процесс выделения генов и получения из них различных цепей был автоматизирован. Генная инженерия в сочетании с микроэлектроникой предвещают возможности управлять живой материей почти так же, как неживой.

В последнее время в средствах массовой информации активно обсуждаются опыты по клонированию и связанные с этим нравственные, правовые и религиозные проблемы. Еще в 1943 году журнал «Сайенс» сообщил об успешном оплодотворении яйцеклетки в пробирке. Далее события развивались следующим образом.

1953 год — Р. Бриге и Т. Кинг сообщили об успешной разработке метода переноса ядра клетки в гигантские икринки африканской шпорцевой лягушки «ксенопус».

1973 год — профессор Л. Шетлз из Колумбийского университета в Нью-Йорке заявил, что он готов произвести на свет первого «бэби из пробирки», после чего последовали категорические запреты Ватикана и пресвитерианской церкви США.

1975 год — закончилась публикация серии статей о работах профессора зоологии Оксфордского университета Дж. Гердона, в ходе которых было клонировано более полусотни лягушек. Из их икринок удалялись ядра, после чего в оставшийся «цитоплазматический мешок» пересаживалось ядро соматической клетки. Впервые в истории науки на место гаплоидного ядра яйцеклетки с одинарным набором хромосом было внесено диплоидное ядро соматической клетки с двойным числом носителей генетической информации.

1979 год — рождение в Англии Луизы Браун, первого ребенка «из пробирки».

1981 год — Шетлз получает три клонированных эмбриона (зародыша) человека, но приостанавливает их развитие.

1985 год — 4 января в одной из клиник северного Лондона родилась девочка у миссис Коттон — первой в мире суррогатной матери, не являющейся матерью биологической (то есть «бэби Коттон», как назвали девочку, была зачата не из яйцеклетки миссис Коттон). Был вынесен парламентский запрет на эксперименты с человеческими эмбрионами старше четырнадцати дней.

1987 год — специалисты Университета им. Дж. Вашингтона, использовавшие специальный фермент, сумели разделить клетки человеческого зародыша и клонировать их до стадии тридцати двух клеток (бластов, бластомеров), после чего зародыши были уничтожены. Тогдашняя американская администрация пригрозила лишить лаборатории дотаций из федеральных фондов, если в них будут проводиться подобные опыты.

1990 год — 7 марта журнал «Нейчур» помещает первую статью коллектива авторов из института Рослин в Эдинбурге, которые сообщили о рождении пяти ягнят, полученных без участия барана: в цитоплазматические мешки яйцеклеток были перенесены ядра культуры эмбриональных клеток, полученных от другого зародыша. Администрация Билла Клинтона еще раз подтверждает свое намерение лишать поддержки федеральных фондов всех, кто вознамерится экспериментировать с человеческими эмбрионами. Так был лишен субсидии исследователь из Университета им. Дж. Вашингтона, осуществлявший анализ пола зародыша и анализ дефектных генов на стадии восьми клеток.

1994 год — 27 февраля «Нейчур» поместил на своей обложке — на фоне микрофотографии яйцеклетки — знаменитую овечку Долли, родившуюся в том же институте Рослин в Эдинбурге. В конце июня Клинтон направил в Конгресс законопроект, запрещающий «создавать человеческое существо путем клонирования и ядерного переноса соматических клеток».

1996 год — в самом конце декабря журнал «Сайенс» сообщил о рождении шести овец, полученных по рослин-скому методу. Три из них, в том числе и овечка Полли, несли человеческий ген «фактора IX», или кровоостанавливающего белка, который необходим людям, страдающим гемофилией, то есть несвертываемостью крови.

1997 год — чикагский физик Сиди объявляет о создании лаборатории по клонированию людей: он утверждает, что отбоя от клиентов у него не будет.

1998 год, начало марта — французские ученые объявили о рождении клонированной телочки.

Все это открывает уникальные перспективы для человечества.

Клонирование органов и тканей — это задача номер один в области трансплантологии, травматологии и других областях медицины и биологии. При пересадке клонированного органа не надо думать о подавлении реакции отторжения и возможных последствиях в виде рака, развившегося на фоне иммунодефицита. Клонированные органы станут спасением для людей, попавших в автомобильные аварии или какие-нибудь иные катастрофы, или для людей, которым нужна радикальная помощь из-за заболеваний пожилого возраста (изношенное сердце, больная печень и т. д.).

Самый наглядный эффект клонирования — дать возможность бездетным людям иметь своих собственных детей. Миллионы семейных пар во всем мире страдают, будучи обреченными оставаться без потомков.

Далее. Клонирование поможет людям, страдающим тяжелыми генетическими болезнями. Если гены, определяющие какую-либо подобную болезнь, содержатся в хромосомах отца, то в яйцеклетку матери пересаживается ядро ее собственной соматической клетки — и тогда появится ребенок, лишенный опасных, генов, точная копия матери. Если эти гены содержатся в хромосомах матери, то в ее яйцеклетку будет перемещено ядро соматической клетки отца — появится здоровый ребенок, копия отца.

Расшифровка генетического кода

Расшифровка генетического кода была одним из самых выдающихся научных открытий XX века.

Самым трудным в проблеме кода было понять то, что код существует. На это потребовалось целое столетие. Когда это поняли, то для того чтобы разобраться в деталях, хватило каких-нибудь десяти лет.

Проблема генетического кода — это ключевая проблема. В конце 50-х — начале 60-х годов она приковывала к себе внимание многих ученых. В широком смысле генетический код — это способ записи генетической информации в последовательностях нуклеиновых кислот (ДНК или РНК) о структуре полепептидов (белков).

Развитие проблемы генетического кода прошло несколько этапов. Предтечами этой проблемы можно считать многих выдающихся исследователей. В частности, Н.К. Кольцов (1927,1935) предложил в общей форме идею молекулы-гена и матричный принцип ее дублирования. Э. Шрёдингер (1944) сформулировал необходимость кодирования генетической информации в структуре генов-молекул. П. Колдуэлл и С. Хиншельвуд (1950) предложили идею матричного синтеза белков на ДНК. А. Дауне (1952) сформулировал гипотезу о синтезе белков на РНК.

Научные представления о генетическом коде как о реальной проблеме эксперимента и теории были сформулированы Г.А. Гамовым сразу же после обоснования Дж. Уотсоном и Ф. Криком (1953) модели строения двойной спирали ДНК. Первый этап изучения проблемы (1953-1961) можно назвать гипотетическим. Из модели Уотсона— Крика вытекало представление о линейной последовательности ДНК (некий текст), построенной из четырех типов нуклеотидов (А, Т, G и С — четыре символа алфавита). Но кодируемые белки тоже имеют линейную первичную структуру (некий текст), построенную из 20 типов канонических аминокислот (алфавит из 20 символов). Поэтому Г.А. Гамов (1954) сразу же сформулировал идею генетического кода в конкретном смысле — как соответствие двух текстов, записанных при помощи двух разных алфавитов. Кроме того, он предложил использовать технические средства криптографии (расшифровки неизвестных кодов) для решения центральной проблемы генетики.

Генетический код сразу же приобрел облик великой загадки природы, ребуса для остроумных. Многие сотни математиков, физиков, химиков, биологов, включая Г.А. Гамова, Ф. Крика и др., предложили гипотетические варианты генетического кода, которые представляют теперь лишь исторический интерес. Реальный код оказался совсем иным.

Научными результатами первого этапа можно считать: 1) постановку проблемы генетического кода; 2): формирование понятий линейного текста для нуклеиновых кислот и белков, генетической информации, записанной в этих текстах при помощи символов алфавита; 3) представление о матричной роли РНК в трансляции; 4) понятие о кодонах и доказательство их неперекрывания; 5) предположение о триплетности кодонов и коллинеарности гена и белка, доказанное лишь в дальнейшем; и т. д.

Второй этап (1961-1966) можно назвать экспериментальным, так как в этот период генетический код был расшифрован в прямом эксперименте.

Третий этап изучения проблемы генетического кода (после 1966 года) связан с углубленным исследованием молекулярных механизмов кодирования, системных свойств генетического кода: симметрии, регулярности, помехоустойчивости, универсальности, а также путей его возникновения и эволюции.

В результате исследований геномов сформулированы специфические задачи, созданы методы, компьютерные программы, роботы, особый и изощренный математический аппарат. Тем самым заложены основы новой науки, названной «геномикой». Только что вышел в свет первый учебник для вузов, написанный Чарлзом Кэнтором и Кассандрой Смит, так и названный «Геномика».

При расшифровке последовательностей нуклеотидов геномов просто устроенных бактерий и вирусов генетикам удалось с точностью до одного нуклеотида определить их последовательность в ДНК. Затем настал черед многоклеточных организмов, суммарная длина ДНК в хромосомах которых была в десятки, сотни и даже сотни тысяч раз больше. В начале декабря 1998 года было объявлено об окончании секвенирования генома круглого червя Caenorhabditis elegans, первого многоклеточного животного. Однако сказать однозначно, что при этом удалось определить положение каждого нуклеотида в ДНК этой нематоды, нельзя. Да, было доказано, что геном С. elegans содержит 97 млн пар оснований и несет 19 099 генов (и ни одного больше!), но тем не менее 100 или чуть больше небольших по размеру отрезков (около сотни нуклеотидов каждый) остались нерасшифрованными. К ноябрю 1999 года это число неопределенностей уменьшилось — осталось около 70 неясных точек, но они пока ускользают от исследователей. Это связано частично с тем, что в данных точках есть зоны повторения нуклеотидов. Во время наработки копий этих участков с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР) зоны повторяющихся нуклеотидов могут вести себя необычно: образовывать шпильки или изломы, нераспознаваемые или неправильно читаемые ДНК-полимеразами — ферментами, удваивающими (амплифицирующими) данные участки.

Другая причина неудач обусловлена тем, что иногда повторяющиеся участки просто невозможно размножить в бактериальных клетках (получить клоны этих участков), так как они обладают способностью убивать клетки, в которых их пытаются клонировать. Но в целом остающиеся неопределенности хотя и сильно раздражают исследователей, но столь малы, что не составляют и сотой доли процента от общей длины расшифрованной ДНК и ни в одном случае не включены в участки генов, а всегда сосредоточены в межгенном пространстве. Поэтому общепризнан успех в изучении генома С. Все до единого гена открыты, все функциональные участки (промотеры, другие рецепторные и важные в структурном отношении районы) секвенированы до последнего нуклеотида, точки генома, в которых расположены отрезки неопределенностей, известны.

Вопрос о точности изучения последовательностей ДНК стал особенно важным в отношении генома человека. В нашем геноме существует большое число повторов нуклеотидов. Кроме них в хромосомах есть теломеры, центромеры и зоны гетерохроматина, где секвенирование затруднено, так как нуклеопротеиды в них плотно сконденсированы: на сегодняшний день они попросту исключены из исследований. Участников программы это не очень беспокоит, дел и без того невпроворот.

Остается неясным, какой точности анализа надо достичь. Недавно все сходились на том, что ошибок не должно быть больше, чем одна на миллион нуклеотидов. Но добиться такой точности по всей длине генома трудно, и было заявлено, что в пределах генов частота ошибок не должна превышать 106, а в межгенных пространствах точность может быть и в сто раз меньше. Сейчас пришли к согласию, что для рабочего варианта генома в пределах генов будет достаточно такой точности, как 104.

К концу XX столетия геномы почти 50 видов были полностью секвенированы. Собранная информация разнообразна, порой необычна, но важна для будущего прогресса науки и промышленности. Вот один из примеров. Летом 1997 года была завершена пятилетняя работа 37 лабораторий (главным образом европейских — они расшифровали 60% генома; японских, секвенировавших 30% генома; одной корейской и двух американских лабораторий) над геномом бактерии Bacillus subtilis (ее ДНК содержит 4,2 Мб нуклеотидов и около 4 тыс. генов). Это был десятый по счету изученный организм, причем впервые была исследована грамположительная бактерия. К этому классу относятся такие патогены, как Staphylococcus aureus, вызывающий гнойные воспаления, стрептококки — источники воспаления среднего уха, пневмонии и менингитов. Помимо лучшего понимания процессов патогенности стали ясны структуры генов для многих ферментов, в том числе и промышленно важных (теперь эти гены можно искусственно собирать из предшественников), были также секвенированы участки, в которые встроились ДНК бактериофагов, а также стало ясно, как именно эти пришельцы не только наносят вред клеткам, но иногда помогают им, придавая устойчивость к тяжелым металлам и токсинам.

Функциональная геномика

В последнее время важные для медицины и сельского хозяйства сведения о геномах получены в разных странах. Так, британские исследователи из Сэнгеровского центра и Института молекулярной медицины Оксфордского университета поли остью раскодировали из четырнадцати хромосом основного патогена, вызывающего смертные случаи при заболевании малярии Plasmodium falciparum. Секвенированы геномы большого числа микроорганизмов, вызывающих болезни человека.

Одним из неожиданных итогов геномики, существенных для будущего сельскохозяйственного производства, стало развитие нового направления, название которого в прямом переводе на русский звучит несколько неуклюже — питательная геномика. Известно, что многие сельскохозяйственные культуры несут недостаточное количество незаменимых для человека аминокислот (тех, которые не синтезируются в теле человека), микроэлементов, металлов, витаминов или, напротив, содержат вещества, в больших количествах вредные или даже опасные для человека. В последние десятилетия интерес врачей и диетологов к потреблению так называемой здоровой пищи, которая содержала бы сбалансированное количество всех нужных человеку ингредиентов пищи, небывало вырос. Практически на каждом пищевом продукте на Западе проставлены цифры, говорящие о том, какую долю от ежедневно рекомендованных норм потребления того или иного соединения приносит данный продукт. Сейчас установлено, во сколько раз необходимо увеличить потребление того или иного витамина и микроэлемента, чтобы понизить во столько-то раз риск раковых, сердечно-сосудистых, респираторных, обменных и иных заболеваний. На фоне этих успехов стало ясно, что изучение геномов растений, их метаболизма (целиком зависящего от определенных генов), разработка биотехнологических операций по переносу генов позволяют надеяться, что в ближайшее время, в считанные годы, ученые научатся получать растения с заранее выбранными свойствами в отношении их питательной ценности.

Расшифровка генома человека

Пожалуй, впервые в современной науке сложилась необычная ситуация, когда в работу над исключительно дорогостоящим и важным проектом включились индивидуальные исследователи, нашедшие себе мощных спонсоров и создавшие серьезную конкуренцию учреждениям и университетам, финансируемым правительствами нескольких стран. Первоначально (в 1988 году) средства на изучение генома человека выделило Министерство энергетики США, и одним из руководителей программы «Геном человека» стал профессор Чарлз Кэнтор.

В 1990 году Нобелевский лауреат Джеймс Уотсон начал лоббирование конгресса США, и вскоре конгресс распорядился выделить сразу сотни миллионов долларов на изучение генома человека. Эти средства были добавлены к бюджету Министерства здравоохранения, оттуда они перетекли в ведение дирекции сети институтов, объединенных под общим названием — Национальные институты здоровья (National Institutes of Health, сокращенно NIH). В составе NIH появился новый институт — Национальный институт исследования генома человека (NHGRI, директор Фрэнсис Коллинз).

В мае 1992 года ведущий сотрудник NIH Крэйг Вентер подал заявление об уходе и объявил о создании нового, частного исследовательского учреждения — Института геномных исследований (The Institute for Genomic Research, сокращенно — TIGR или ТИГР).

Ожидание гигантских прибылей от будущего внедрения результатов изучения геномов хорошо поняли не только в США. В ведущих странах Запада началась настоящая гонка в отношении вклада средств в исследования геномов. 3 мая 1999 года британский «Белком траст» (формально правительство Великобритании финансирует британскую часть проекта «Геном человека» через этот частный благотворительный фонд) добавил дополнительно 100 млн фунтов стерлингов (примерно 167 млн долларов) нескольким английским лабораториям, занимающимся исследованиями генома человека, из них 77 млн долларов было выделено на 1999 год Сэнгеровскому центру в Кембридже. Этим шагом британский фонд постарался стимулировать своих соотечественников. Вскоре в Колд Спринг Харборской лаборатории под Нью-Йорком (где почетным президентом работает Джеймс Уотсон) за закрытыми дверьми состоялось заседание всех сторон, участвующих в международном проекте «Геном человека», после чего руководство проекта объявило, что «рабочий вариант» человеческого генома будет готов не к 2003, а в 2000 году.

Для того чтобы объяснить публике, как можно столь вольно манипулировать, казалось бы, строго продуманными научными планами, был использован следующий аргумент. Как уже было сказано, можно по-разному подходить к критериям точности секвенирования геномов. При первоначальном объявлении сроков завершения проекта в 2003 году предполагалось, что точность исследования генома составит 99,99%. Потом сроки подвинули, основываясь на том, что для биологов и медиков хватит и 90%-ной точности, зато отрапортовать о завершении генома можно будет к концу 2000 года.

Правда, американскому правительству, чтобы не отстать в гонке, пришлось пойти на серьезные дополнительные траты. Уже 15 марта дирекция NHGRI сообщила, что получила дополнительно 81,5 млн долларов на программу генома человека и что эти деньги будут немедленно распределены между тремя американскими центрами.

2 декабря 1999 года журнал «Nature» обнародовал данные, касающиеся крупного прорыва в исследовании генома человека: в основном усилиями английских ученых при активном участии других европейских, японских и американских лабораторий был завершен полный анализ одной из хромосом человека (правда, одной из самых маленьких) — хромосомы 22.

На этом гонка отнюдь не затихла. Как сообщил журнал «Science» со ссылкой на газету «Ля Монд» от 14 мая 1999 года, французское правительство решило в этот момент «впрыснуть» дополнительно 330 млн долларов на ближайшие три года в бюджет расположенного рядом с Парижем исследовательского центра генома в Иври. Этим шагом французское правительство хотело бы устранить свое отставание по сравнению с США и Великобританией и обеспечить себе возможность запатентовать достаточное количество наработок в этой области. Только тогда можно надеяться, что в будущем, когда результаты изучения генома человека будут внедрены в медицинскую и индустриальную практику, приток денег французским компаниям будет большим.

В июне 1999 года Германия, которая до этого выделяла явно недостаточно средств на исследования генома человека (всего 23 млн долларов в год начиная с 1996 года), изменила свой подход: на ближайшие пять лет было отпущено 550 млн долларов. В ноябре — декабре 1999 года стало ясно, что ученым удалось убедить правительство увеличить ежегодные траты на исследования генома человека до 280 млн долларов.

13 июля 1999 года об увеличении выделяемых средств на работу по секвенированию генома человека объявило правительство Японии. Вклад Японии в проект «Геном человека» составлял до этого небольшую величину (японские ученые к тому времени изучили не более 8% генома, средств было выделено недостаточно, хотя в последние три года ежегодные траты достигали 560 млрд иен и составили четверть средств, расходуемых в США). Теперь правительство Японии решило вложить в ближайшие пять лет 2 трлн иен (17 млрд долларов, или около 0,2% валового национального продукта Японии), что позволит японским ученым раскодировать до трети генома человека к 2001 году. Этот огромный по размерам план стал частью общих усилий по широкомасштабному развитию биотехнологии в стране. Для этого японское правительство решило расширить в ближайшие десять лет японский биотехнологический рынок в 25 раз, доведя масштаб ежегодных сделок на нем до 25 трлн иен (213 млрд доларов) и создав условия для возникновения около 1000 биотехнологических частных фирм к 2010 году.

То, что участвовавшая в начале создания международного проекта «Геном человека» Россия фактически приостановила свой вклад в него, можно рассматривать однозначно: Россия обрекает себя в этом отношении на скатывание на уровень второстепенных государств, обреченных на экономическую зависимость в будущем от тех, кто вложил средства в эту научную область.

Описание генома человека ученым удалось получить значительно раньше планировавшихся сроков (2005-2010 гг.). Уже в конце нового, XXI века были достигнуты сенсационные результаты в деле реализации указанного проекта. Оказалось, что в геноме человека — от 30 до 40 тысяч генов (вместо предполагавшихся ранее 80-100 тысяч). Это ненамного больше, чем у червяка (19 тысяч генов) или мухи-дрозофилы (13,5 тысяч). Однако, по словам директора Института молекулярной генетики РАН, академика Е. Свердлова, «сетовать на то, что у нас меньше генов, чем предполагалось, пока рано. Во-первых, по мере усложнения организмов один и тот же ген выполняет гораздо больше функций и способен кодировать большее количество белков. Во-вторых, возникает масса комбинаторных вариантов, которых нет у простых организмов. Эволюция весьма экономна: для создания нового занимается «перелицовкой» старого, а не изобретает все вновь. Кроме того, даже самые элементарные частицы, вроде гена, на самом деле невероятно сложны. Наука просто выйдет на следующий уровень познания».

Расшифровка генома человека дала огромную, качественно новую научную информацию для фармацевтической промышленности. Вместе с тем оказалось, что использовать это научное богатство фармацевтической индустрии сегодня не по силам. Нужны новые технологии, которые появятся, как предполагается, в ближайшие 10-15 лет. Именно тогда станут реальностью лекарства, поступающие непосредственно к больному органу, минуя все побочные эффекты. Выйдет на качественно новый уровень трансплантология, получит развитие клеточная и генная терапия, радикально изменится медицинская диагностика и т. д.

Нобелевская премия — творцам современной электроники

Королевская Академия наук Швеции присудила Нобелевскую премию по физике за 2000 год исследователям, чьи труды заложили основу современной информационной техники.

Премия делится на две части с вручением первой половины Жоресу Ивановичу Алфёрову, директору Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН (Санкт-Петербург/ Россия), и Герберту Крёмеру, профессору Калифорнийского института (Санта Барбара, Калифорния/ США), за развитие полупроводниковых гетероструктур для высокоскоростной и оптоэлектроники.

Вторая половина премии вручается Джеку С. Килби, главе исследовательского центра корпорации «Тексас Инструменте» (Т1) (Даллас, Техас/ США), за вклад в создание интегральной схемы.

Обмен информацией в современном обществе происходит при помощи компьютеров по оптоволоконным кабелям через Интернет и мобильных телефонов спутниковой связи. Современные системы связи отвечают двум основным требованиям. Они обладают высоким быстродействием — большой объем информации можно передать за короткий промежуток времени. Аппараты пользователя стали настолько компактными, что умещаются не только на столе, но и в портфеле или даже в кармане. Весомый вклад в создание всей этой техники внесли работы трех физиков, нобелевских лауреатов этого года.

Жорес Иванович Алфёров и Герберт Крёмер открыли и усовершенствовали скоростные опто- и микроэлектронные компоненты на базе многослойных полупроводников, так называемых гетероструктур. Быстродействующие транзисторы, созданные на их основе, широко используются в системах спутниковой связи и в мобильных телефонах. Лазерные диоды, сконструированные по этой технологии, передают информационные потоки посредством оптоволоконных телефонных линий и сетей Интернета. Они работают в проигрывателях компакт-дисков, устройствах, считывающих товарные ярлыки в магазинах, лазерных указках, дальномерах, теодолитах и во многих других приборах. На базе гетероструктурных технологий сконструированы мощные светоизлучающие диоды, которые применяются в качестве габаритных огней и стоп-сигналов автомобилей, в светофорах и маяках. В будущем лампочки накаливания и люминесцентные лампы уступят место гораздо более экономичным и долговечным светоизлучающим диодам.

Джек С. Килби работал над созданием компактных полупроводниковых приборов с начала 60-х годов. Его исследования привели к созданию интегральной схемы, получившей название «микросхемы» или «чипа» — устройства размером около сантиметра, содержащего тысячи транзисторов. Появление микросхемы привело к бурному развитию микроэлектроники, которая сегодня лежит в основе всей современной техники — от ручных часов до мировых систем связи. В качестве примера можно назвать мощные компьютеры и процессоры. Они собирают и обрабатывают информацию, контролируют работу множества механизмов — от стиральной машины и автомобиля до космических спутников и медицинского оборудования — компьютерного томографа и диагностических приборов на основе ядерного магнитного резонанса.

Можно смело утверждать, что без фундаментальных теоретических работ и экспериментальных исследований, проделанных за многие годы творцами современной электроники, вся наша жизнь была бы совсем другой.

Итоги уходящего столетия

На границе столетий всегда какая-то часть людей была озабочена поисками символов ушедшего времени. Вот и ныне — периодические издания дружно выделяют события, ставшие этапными и оказавшие влияние на жизнь человечества в прошедшие сто лет. Называют атомную бомбу, компьютеры и Интернет, открытие генетического кода и клонированную овечку. Если посмотреть повнимательнее и на прочие более мелкие события века, то все равно окажется, что, подводя итоги времен, люди выделяют прежде всего и чаще всего достижения науки и техники.

Известное приложение к «Независимой газете» — «НГ-Наука» в течение года проводила рейтинговые опросы читателей по четырем, как принято сегодня говорить, номинациям:

самые выдающиеся ученые столетия;

открытия и научные концепции (теории), в наибольшей степени повлиявшие на развитие цивилизации в XX в.;

наиболее значимые технологии и изобретения;

самые грандиозные реализованные технические (инженерные) проекты.

В результате, как и планировала «НГ-Наука», появился список — «Золотая сотня» науки и техники XX в., составленный по мнениям читателей.

Самые выдающиеся ученые столетия

Иван Павлов (теория условных и безусловных рефлексов).

Мария Склодовская-Кюри (работы по радиоактивности).

Николай Семенов (теория разветвленных химических реакций).

Отто Ган (деление ядра урана).

Альберт Эйнштейн (специальная и общая теория относительности).

Нильс Бор (теория строения атомов).

Макс Планк (квантовая теория).

Вольфганг Паули (принцип запрета в квантовой механике).

Вернер Гейзенберг (квантовая механика).

Поль Дирак (квантовая механика).

Энрико Ферми (ядерная и нейтронная физика).

Эдвард Теллер (ядерные реакции).

Стивен Хокинг (теория излучения «черных дыр»).

Бенуа Мандельброт (фрактальная геометрия).

Фрэнсис Крик, Джеймс Уотсон (открытие двойной спирали ДНК).

Норберт Виннер (кибернетика).

Илья Пригожий (термодинамика неравновесных процессов).

Деннис Габор (голография).

Александр Фридман (модель нестационарной расширяющейся Вселенной).

Клод Шеннон (математическая теория информации).

Уильям Шокли,. Джон Бардин, Уолтер Браттеин (транзисторный эффект).

Александр Флеминг (открытие пенициллина).

Анри Пуанкаре (математическая формулировка принципов специальной теории относительности).

Тим Бернерс-Ли (концепция Всемирной паутины — World Wide Web).

Кристиан Барнард (пересадка сердца человеку).

Петр Капица (физика низких температур).

Томас Морган (генетика).

Андрей Сахаров (работы в области термоядерного синтеза).

Фриц Габер (синтез аммиака).

Гленн Сиборг (синтез трансурановых элементов).

Сергей Королев (реализация советских космических программ).

Николай Вавилов (генетика).

Игорь Курчатов (создание советского атомного оружия).

Владимир Вернадский (теория ноосферы).

Владимир Ипатьев (химия высоких температур и давлений).

Константин Циолковский (теория космических полетов).

Юлий Харитон (создание советского атомного оружия).

Владимир Уткин (создание ракетно-космической техники).

Андрей Мирзабеков (секвенирование геномов).

Николай Басов, Александр Прохоров (работы в области квантовой электроники).

Уоллес Короузерс (синтез нейлона).

Открытия и научные концепции (теории), в наибольшей степени повлиявшие на развитие цивилизации в XX в.

Специальная теория относительности.

Общая теория относительности.

Квантовая механика.

Транзисторный эффект.

Теория электрослабого взаимодействия;.

Ноосферная концепция.

Теория диссипативных систем.

Разветвленные цепные реакции.

Лазерный эффект.

Двойная спираль ДНК.

Ядерный магнитный резонанс.

Теория иммунитета.

Открытие функции хромосом как носителей наследственности.

Экспериментальное подтверждение явления квантовой телепортации.

Соотношение неопределенности Гейзенберга.

Энтропийный принцип.

Концепция Большого взрыва.

Кварковая теория строения вещества.

Высокотемпературная сверхпроводимость.

Концепция устойчивого развития.

Концепция «ядерной зимы».

Открытие эмбриональных стволовых клеток.

Концепция дрейфа материков.

Синтез трансурановых элементов.

Выделения фермента теламеразы, останавливающего процесс старения клеток.

Закон гомологических рядов Вавилова.

Открытие реликтового озера Восток под трехкилометровым панцирем льда в центральной части Антарктиды.

Открытие групп крови.

Планетарная модель атома.

Эффект Вавилова-Черенкова (излучение света движущимся в воде электроном).

Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах.

Космологическая теория суперструн.

Наиболее значимые технологии и изобретения

Генная инженерия.

Интернет.

Клонирование млекопитающих.

Атомная энергетика.

Лазеры.

Компьютерные виртуальные реальности.

Кремниевые микрочипы.

Волоконно-оптическая связь.

Факс.

Мобильная телефонная связь.

Нанотехнологии.

Томография.

Синтез фуллеренов.

Телевидение.

Запись информации на CD- и DVD-дисках.

Радиолокация.

Термоядерный синтез.

Молекулярные микрочипы для расшифровки геномов.

Реактивная авиация.

Синтез пластмасс.

Шариковая авторучка.

Застежка «молния».

Ксерокс.

Акваланг.

Перфторан (голубая кровь) — кровезаменитель на основе перфторуглеродных эмульсий.

Технология «чистых комнат».

Пузырьковая камера.

Ускорители элементарных частиц.

Роторные автоматизированные линии.

Реализованные инженерные проекты

«Саркофаг» (объект «Укрытие» над 4-м блоком Чернобыльской АЭС).

Высадка человека на Луну.

Проект «Вега» (исследование вещества кометы Галлея).

Автомат Калашникова.

Экспедиция марсохода «Соджорнер» (марсианская станция «Марс Пэсфайндер»).

Создание и испытание в СССР самой мощной водородной бомбы (50 мегатонн).

Космическая орбитальная станция «Мир».

Плотина Рогунской ГЭС (высота 355 м).

Пересадка человеческого сердца.

Первый искусственный спутник Земли.

Кольская сверхглубокая скважина (достигнутая глубина — более 12 тыс. м).

Ледокол-атомоход «Ленин».

Экраноплан «Монстр Каспия» (длина 100 м, размах крыльев 40 м, 10 реактивных двигателей, скорость передвижения 800 км/ч в нескольких метрах над поверхностью воды).

Беспилотный полет советского космического челнока «Буран».

Туннель под Ла-Маншем.

Телескоп Хаббл.

Программа «Геном человека».

Сибирский горно-химический комбинат (Красно-ярск-20).

Проект «Союз-Апполлон».

Здание делового центра в столице Малайзии Куа-ла Лумпур «Петронас Твин Тауэре», высота 452 м.

Останкинская телебашня — 537 м.

Радиовещание, начало регулярных радиопередач.

Первая посадка на Венеру советского космического аппарата «Венера-3».

Юпитерианский зонд «Галилео».

Система «Спэйс шаттл».

Ускоритель элементарных частиц — Большой коллайдер в Европейском центре ядерных исследований (ЦЕРН).

Газодобывающая платформа «Циклоп» в Северном море.

План ГОЭЛРО.

**Список литературы**

1. Чанышев А.Н. Курс лекций по древней философии. М., 2008.

2 Азерников В.З. Неслучайные случайности. Рассказы о великих открытиях и выдающихся ученых. М., 2006.

3. Седов Л.И. Галилей и основы механики. М., 2004.

4. Бернал Дж. Наука в истории общества. М., 2007.

5. Юкава X. Лекции по физике. М., 2006.

6. Александров Г.Ф. Концепции современного естествознания. М., 2007.

7. Кудрявцев П.С. Современное естествознание. Курс лекций. М., 2007.