



**Современный
Гуманитарный
Университет**

Дистанционное образование

Рабочий учебник

Фамилия, имя, отчество _____

Факультет _____

Номер контракта _____

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

ЮНИТА 1

МОСКВА 1999

Разработано Л.Н. Грошевым, канд. физ.-мат. наук

Рекомендовано Министерством общего
и профессионального образования
Российской Федерации в качестве
учебного пособия для студентов высших
учебных заведений

КУРС: КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

ЮНИТА 1

Предлагаемое пособие отражает основные этапы развития естественно-научной картины мира, историю развития научной мысли в области физики, химии, биологии. Приводится краткое изложение теорий, оказавших воздействие на формирование научно обоснованной картины мироздания.

Для студентов Современного Гуманитарного Университета

Юнита соответствует профессиональной образовательной программе № 4

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН	стр. 5
ЛИТЕРАТУРА	6
НАУЧНЫЙ ОБЗОР	7
1. Методология науки естествознание	7
1.1. Содержание понятия естествознание	7
1.2. Природа как единый объект исследования естествознания	8
1.3. Тенденции развития современного естествознания	9
1.4. Математика - универсальный язык точного естествознания	10
1.5. Составные части современного естествознания	10
2. Этапы развития естествознания	12
2.1. Попытка научной систематизации картины мира. Естественно-научная революция Аристотеля	12
2.2. Архимед и геометрия Евклида	14
2.3. Гелиоцентрическая система мира Коперника. Вторая естественно-научная революция	15
2.4. Кеплер и его законы движения планет	18
2.5. Закон всемирного тяготения Ньютона	19
2.6. Универсальный закон сохранения Ломоносова	20
2.7. Рождение науки об электричестве	21
2.8. Создание теории электромагнитного поля Максвеллом	22
2.9. Специальная теория относительности Эйнштейна	23
2.10. Создание квантовой механики. Корпускулярно-волновой дуализм	25
2.11. Теория гравитационного поля Эйнштейна. Общая теория относительности	27
2.12. Космические модели вселенной. Третья естественно-научная революция	28
2.13. Элементарные частицы и силы в природе	30
2.14. Объединение физики. Зарождение четвертой глобальной естественно-научной революции	35
3. Химия в естествознании. Великие химические открытия	38
3.1. Взаимосвязь естественных наук. Уровни организации материи ..	38
3.2. Периодический закон и периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева	39
3.3. Основная проблема химии как науки	42
3.4. Уровни развития химических знаний	43
3.4.1. Развитие химии до начала XVII в. Натурфилософия и ремесленная химия	43
3.4.2. Первый этап развития химии - XVII в. Учение о составе веществ ..	43
3.4.3. Второй этап развития химии как науки - XIX в. Структурная химия ..	44
3.4.4. Третий этап развития химии как науки - первая половина XX в. Учение о химических процессах	45
3.4.5. Четвертый этап развития химии как науки - вторая половина XX в. Эволюционная химия	46
3.4.6. Система Химии	47
3.5. Учение о составе вещества. Проблемы их решения	48
3.5.1. Решение проблемы химического элемента	48
3.5.2. Решение проблемы химического соединения.	49
Закон постоянства состава вещества Ж. Пруста	49
Закон кратных отношений Дж. Дальтона	49
Закон А. Авогадро о постоянстве количества молекул в данном объеме	50

3.5.3. Проблема создания новых материалов	51
3.6. Структурная химия. Проблемы и решения	52
3.6.1. Эволюция понятия “структура” в химии	52
3.6.2. Период триумфального шествия органического синтеза	54
3.7. Учение о химических процессах. Проблемы и решения	54
3.7.1. Методы управления химическим процессом	54
3.7.2. Катализ и химия экстремальных состояний	56
3.8. Эволюционная химия - высшая ступень развития химических знаний	56
3.8.1. Эволюционные проблемы химии	56
3.8.2. Пути освоения опыта живой природы	57
3.8.3. Теория химической эволюции и биогенеза	57
3.8.4. Нестационарная кинетика. Развитие представлений об эволюции систем	58
4. Биологические явления. Формы и уровни жизни	58
4.1. Традиционная или натуралистическая биология. Биологическая система Линнея	59
4.2. Физико-химическая биология	60
4.3. Эволюционная биология. Теория эволюции Ч. Дарвина	62
4.4. Формы и уровни жизни	63
4.5. Молекулярно-генетический уровень	65
4.6. Происхождение жизни	65
4.7. Современное развитие эволюционной теории Ч. Дарвина. Молекулярно-генетический подход	67
4.8. Изучение молекулярных основ воспроизводства жизни и процессов жизнедеятельности	68
4.8.1. Законы генетики Менделя. Открытие генетической роли нуклеиновых кислот	68
4.8.2. Открытие молекулярных механизмов генетической репродукции и биосинтеза белка	69
4.8.3. Открытие молекулярно-генетических механизмов изменчивости	70
4.8.4. Изучение молекулярных основ обмена веществ	71
4.9. Онтогенетический уровень	72
4.9.1. Открытие клетки английским натуралистом Гуком. Изучение строения клетки Шванном	72
4.9.2. Деление всего живого мира на прокариоты и эукариоты	72
4.9.3. Функционирование на онтогенетическом уровне	73
4.10. Популяционно-биоценотический уровень	73
4.11. Биосферный уровень	74
4.11.1. Учение В. И. Вернадского о биосфере	75
4.11.2. Многообразие живых организмов - основа организации и устойчивости биосферы	76
4.11.3. Понятие ноосферы. Неизбежность перехода биосферы в ноосферу	77
4.11.4. Рациональное использование природных ресурсов и охрана биосферы	78
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	79
ТЕСТ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ТРЕНИНГА	85
ГЛОССАРИЙ*	

* Глоссарий расположен в середине учебного пособия и предназначен для самостоятельного заучивания новых понятий.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Методология науки Естествознание. Этапы развития естественно-научной картины мира. Первая глобальная естественно-научная революция Аристотеля. Геоцентрическая система мира. Архимед и геометрия Евклида. Вторая глобальная естественно-научная революция. Гелиоцентрическая система мира Коперника. Законы движения планет Кеплера. Закон Всемирного тяготения Ньютона. Закон сохранения материи и движения Ломоносова. Рождение науки об электричестве. Теория электромагнитного поля Максвелла. Квантовая механика и корпускулярно-волновой дуализм. Специальная теория относительности и ее постулаты. Принцип эквивалентности в общей теории относительности. Расширяющаяся Вселенная. Элементарные частицы и силы в природе. Третья глобальная естественно-научная революция. Объединение физики. Четвертая глобальная естественно-научная революция.

Химия в Естествознании. Взаимосвязь естественных наук. Уровни организации материи. Периодический закон Д.И. Менделеева. Основная проблема химии как науки.

Уровни развития химических знаний. Четыре этапа развития химии. Учение о составе вещества. Проблема химического элемента. Проблема химического соединения. Законы постоянства состава вещества Пруста. Закон кратных отношений Дальтона. Закон Авогадро. Проблема создания новых материалов. Структурная химия. Эволюция понятия “структура” в химии. Период триумфального шествия органического синтеза. Учение о химических процессах. Методы управления химическим процессом. Эволюционная химия. Пути освоения опыта живой природы.

Биология в современном естествознании. Три “образа биологии”. Традиционная биология. Биологическая система Линнея. Физико-химическая биология. Эволюционная биология. Теория эволюции Дарвина.

Биологические явления. Формы и уровни жизни. Молекулярно-генетический уровень. Происхождение жизни. Современное развитие эволюционной теории Ч. Дарвина. Молекулярно-генетический подход. Изучение молекулярных основ воспроизводства жизни и процессов жизнедеятельности. Законы генетики Менделя. Открытие генетической роли нуклеиновых кислот. Открытие молекулярных механизмов генетической репродукции и биосинтеза белка. Открытие молекулярно -генетических механизмов изменчивости. Изучение молекулярной основы обмена веществ. Онтогенетический уровень. Открытие клетки Гуком. Изучение строения клетки Шванном. Прокариоты и эукариоты. Археобактерии. Популяционно-биоценотический уровень. Популяция. Биоценоз. Биогеоценоз.

Биосферный уровень. Учение Вернадского о биосфере. Понятие ноосферы. Неизбежность перехода биосферы в ноосферу. Многообразие живых организмов - основа организации и устойчивости биосферы. Глобальный экологический кризис. Рациональное использование природных ресурсов и охрана биосферы.

ЛИТЕРАТУРА

Базовый учебник

- *1. Кузнецов В.И. и др. Естествознание. М., 1996.

Дополнительная

- *2. Вернадский В. И. Философские мысли натуралиста. М., 1988.
*3. Вилли К., Детье В. Биология. М., 1974.
4. Винер Н. Кибернетика. М., 1968.
*5. Глазами ученого: Сборник статей. М., 1963.
6. Голованов Я. Этюды об ученых. М., 1970.
*7. Дягилев Ф. М. Из истории физики и жизни ее творцов. М., 1986.
8. Жизнь науки. Антология вступлений к классике естествознания: Сборник сост. С.П.Капица. М., 1973.
*9. Крестов Г.А., Березин Б. Д. Основные понятия современной химии. М., 1986.
10. Кузнецов Б.Г. Эйнштейн: Жизнь, смерть, бессмертие. М., 1980.
*11. Ленинджер А. Биохимия, М., 1976.
12. Льюис М. История физики. М., 1970 г.
13. Мейер Д. Биохимия. Т. 1-3. М., 1980.
14. Николсон И. Тяготение, черные дыры и Вселенная. М., 1983.
15. Пригожин И., Стенгерс И.: Время, хаос, квант. М., 1994.
*16. Становление химии как науки: Сборник / Под ред. И.С. Дмитриева и др., 1983.
17. Стройк Д. Я. Краткий очерк истории математики. М., 1984.
18. Хокинг С. От большого взрыва до черных дыр. Краткая история времени. М., 1990.
19. Холличер В. Природа в научной картине мира. М., 1966.

Примечание. Знаком (*) отмечены работы, выдержками из которых сформирован тематический обзор.

1. МЕТОДОЛОГИЯ НАУКИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

1.1. Содержание понятия естествознание

В настоящее время под термином **естествознание** понимается, прежде всего, точное естествознание. **Точное естествознание** - это вполне оформленное (часто в математических формулах) точное знание обо всем, что действительно существует или может существовать во Вселенной. Однако, очевидно, что это знание не является окончательным итогом знаний о Природе, а лишь тем, что известно человечеству на данном этапе его развития.

Что интересует точное естествознание? Проблемы, которые возникают в этой весьма обширной области познания самые разнообразные - от устройства и происхождения Вселенной до познания молекулярных механизмов существования уникального Земного явления - Жизни.

А как называют ученых, работающих в области естествознания? В далекие времена **Аристотель** (384-322 до н.э.) называл их **физиками** или **физиологами**, ибо древнегреческое слово **физис**, очень близкое русскому слову **природа**, первоначально означало **происхождение, создание**. Такое определение может показаться нам, живущим в 20 веке, несколько странным! В средней школе естественными науками обычно считают физику, химию, биологию, астрономию, географию. В высшей школе количество естественных наук увеличивается вследствие их деления на узко специализированные дисциплины.

В настоящее время спектр научных исследований в естествознании необыкновенно широк. В систему естественных наук, помимо основных наук: физики, химии и биологии включаются также и множество других - география, **геология, астрономия**, и даже науки, стоящие на границе между естественными и гуманитарными науками - например, **психология**. Целью психологов является изучение поведения человека и животных. С одной стороны, психология опирается на научные достижения биологов, работающих в области физиологии высшей нервной деятельности и наблюдающих за деятельностью мозга. С другой стороны, эта наука занимается и социальными, т. е. общественными явлениями, привлекая знания из области социологии. Социальная психология, например, исследует взаимоотношения групп людей в обществе. Психология, аккумулируя знания всех естественных наук, представляет собой как бы мостик, перекинутый от высшей ступеньки естественного знания к наукам, целью познания которых являются Человек и Общество.

Вы, изучая гуманитарные науки, наверное, прекрасно представляете их взаимосвязь с науками, изучающими Природу. Экономистам не обойтись без знания географии и математики, философам - без основ натурфилософии; социологи взаимодействуют с психологами, а реставраторы старинных картин прибегают к помощи современной химии и т. д. Таких примеров можно привести бесчисленное множество.

Давайте не будем забывать о том, что истоки сложного мира, который нас окружает, заключаются в необыкновенно гармоничном устройстве его Природы, постоянно вступающей во взаимоотношения с ней. Попробуйте обойтись хотя бы несколько дней без пищи и воды! А может быть вам известен способ как можно прожить без дыхания? Мы все – дети Природы. А наука, познающая ее законы – природоведение или естествознание.

Существует два широко распространенных определения этого понятия.

* Жирным шрифтом выделены новые понятия, которые необходимо усвоить. Знание этих понятий будет проверяться при тестировании.

- 1). Естествознание - это наука о Природе как единой целостности.
- 2). Естествознание - это совокупность наук о Природе, рассматриваемых как единое целое.

На первый взгляд эти два определения различны. Действительно, в первом из них говорится всего лишь об одной науке о Природе, тогда как второе определение говорит о естествознании как о множестве наук, изучающих Природу. На самом же деле между этими двумя определениями большого различия нет, ибо под "совокупностью наук" подразумевается не просто сумма разрозненных наук, а единый комплекс тесно взаимосвязанных естественных наук, дополняющих друг друга. Это одна наука.

Отличием естествознания как науки от специальных естественных наук является то, что оно исследует одни и те же природные явления сразу с позиций нескольких наук, "выискивая" наиболее общие закономерности и тенденции, рассматривает Природу как бы сверху. При изучении отдельных естественных предметов в средней школе, вы, вероятно, заметили, что каждый предмет - химия, физика, или география имеет свои особенности. Естествознание, признавая специфику, входящих в него наук, в то же время имеет своей главной целью исследование Природы как единого целого.

Зачем же следует изучать естествознание? Для того, чтобы четко представить себе подлинное единство Природы, то единое основание, на котором построено все разнообразие предметов и явлений Природы и из которого вытекают основные законы, связывающие микро- и макромиры: Землю и Космос, физические и химические явления между собой, жизнью, разумом.

Изучая отдельные естественные науки, невозможно познать Природу как единое целое. Действительно, предположим, что вы хорошо представляете работу отдельных органов человека, но вы, вероятно, не всегда знаете те законы, которым подчиняется работа этих органов. Поэтому изучение предметов по отдельности - физики, химии и биологии, - является лишь первой ступенькой к познанию Природы во всей ее целостности, т.е. познанию ее законов с общей естественно-научной позиции. Отсюда вытекают и цели естествознания, которые представляют собой двойную задачу:

ЦЕЛИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ:

1. Выявление скрытых связей, создающих органическое единство всех физических, химических и биологических явлений.

2. Более глубокое и точное познание самих этих явлений.

Это программа, продиктованная реальным ходом познания Природы.

1.2. Природа как единый объект исследования естествознания

Естествознание традиционно подразделяют на физику, химию, биологию и психологию. **Физики** имеют дело не только со всевозможными материальными телами, но с материей вообще. **Химия** изучает различные вещества. Предмет исследования **биологии** - живые организмы, а психология имеет дело с познанием тайн человеческой психики.

Следует, однако, иметь в виду условность такого деления. Дело в том, что сама Природа едина, она не знает наук, изобретенных человечеством для ее познания. Очень часто в центре исследования самых разнообразных естественных наук стоит всего одно какое-нибудь **природное явление**, которое изучается с разных точек зрения, с позиций разных естественных наук. Каждая из данных наук склонна применять свои специальные методы и подходы для создания собственного научного представления о предмете. Но "нельзя объять необъятное"! Каждая из данных наук может "поставлять" лишь часть специальных знаний об изучаемом сложном явлении. Истинное же

знание об изучаемом предмете как едином целом может быть получено при объединении этих специальных представлений, поиске точек пересечения разных наук, установления взаимосвязи между отдельными открытиями и поиске первоначальных причин явления.

Единство объектов исследования приводит к тому, что появляются новые, так называемые **междисциплинарные науки**, - новые науки стоящие на стыке нескольких традиционных естественных наук. Среди них - **биофизика, физическая химия, физико-химическая биология, психофизика** и т.д.

Сегодня, например, всю химию можно назвать физической. Это продиктовано невозможностью объяснить химические явления чисто химическим средствами и, следовательно, необходимо обращение к физике. Такое объединение химии и физики есть не что иное, как проявление единства Природы, которая, как уже говорилось выше, не знает деления на разные науки.

Тенденции такого единения или **интеграции естественно-научных знаний** стали проявляться очень давно. Еще в 1747-1752 годах **М.В.Ломоносов** (1711-1765) обосновал необходимость привлечения физики для объяснения химических явлений. Он придумал имя для новой науки, назвав ее **физической химией**.

Кроме физики, химии и биологии к естественным наукам относятся и другие, например, **геология и география**, которые имеют комплексный характер. Геология изучает состав и строение нашей планеты в их эволюции на протяжении миллиардов лет. Ее основные разделы - минералогия, петрография, вулканология, тектоника и т.д. - это производные от кристаллографии, кристаллофизики, геофизики, геохимии и биогеохимии. Также и география "пропитана" физическими, химическими и биологическими знаниями, которые в разной степени проявляются в таких ее основных разделах, как: физическая география, география почв и т.д. Таким образом, все исследования Природы сегодня можно представить в виде огромной сети, связывающей многочисленные ответвления физических, химических и биологических наук.

1.3. Тенденции развития современного естествознания

Интеграция науки, появление новых смежных дисциплин в естествознании - все это знаменует собой нынешний этап развития науки. Всего же (с точки зрения истории науки) **человечество в своем познании Природы прошло три стадии и вступает в четвертую**.

На первой из них сформировались общие представления об окружающем мире как о чем-то целом, едином. Появилась так называемая **натурфилософия**, которая была вместилищем идей и догадок. Так продолжалось до XV столетия.

С XV-XVI веков началась **аналитическая стадия**, т.е. расчленение и выделение частных, приведших к возникновению и развитию физики, химии и биологии, а также целого ряда других, более частных естественных наук.

Наконец, в настоящее время делаются попытки **обосновать принципиальную целостность** всего естествознания и ответить на вопрос: почему именно физика, химия, биология и психология стали основными и как бы самостоятельными разделами науки о Природе?

Происходит также и **дифференциация науки**, т.е. создание узких областей какой-либо науки, однако, общая тенденция идет именно к интеграции науки. Поэтому последнюю стадию (четвертую) начинающую осуществляться, называют **интегрально-дифференциальной**.

В настоящее время нет ни одной области естественно-научных исследований, которые относились бы исключительно к физике, химии или

биологии в чистом виде. Все эти науки “пронизаны” общими для них законами Природы.

Но как можно представить себе всю разнородную Природу (Вселенную, Жизнь и Разум) в виде единого объекта исследования? В чем же заключается это искомое единство? Мы лучше поймем это, если попытаемся ответить на другой вопрос: на чем основывается или должно основываться все естествознание? Существует ли что-то общее во всех специальных науках? Вы уже, наверное, догадались, что речь пойдет о “царице всех наук” - математике, без логического аппарата которой не обойтись ни одной из естественных наук!

1.4. Математика - универсальный язык точного естествознания

Выдающийся итальянский физик и астроном, один из создателей точного естествознания **Галилео Галилей** (1564-1642) сказал: “Тот, кто хочет решать вопросы естественных наук без помощи математики, ставит неразрешимую задачу. Следует измерять то, что измеримо, и делать измеримым то, что таковым не является”.

Необходимая для точного естествознания математика начинается с простейшего счета и со всевозможных простейших измерений. По мере своего развития точное естествознание использует все более совершенный математический арсенал так называемой высшей математики.

Математика, как логический вывод и средство познания Природы, - творение древних греков, которым они начали всерьез заниматься за шесть веков до нашей эры. Начиная с VI в. до н.э. у греков сложилось понимание того, что Природа устроена рационально, а все явления протекают по точному плану, - “математическому”. **Платон** (428/427-348/347 до н.э.) один из основоположников натуральной философии (**философии Природы**) начертал в качестве девиза своей философской школы следующие слова: “Негеометр - да не войдет”.

Галилео Галилей в одном из своих произведений, взвешивая все ничтожные философские аргументы одного из своих оппонентов, противопоставлял им истинную философию как открытую книгу Природы, доступную лишь тому, кто знает язык математики.

Немецкий философ **Иммануил Кант** (1724-1804) утверждал в своих “Метафизических началах естествознания”, что: “В любом частном учении о природе можно найти науки в собственном смысле (т.е. чистой, фундаментальной) лишь столько, сколько имеется в ней математики”. Здесь стоит привести и высказывание **Карла Маркса** (1818-1883) о том, что: “Наука только тогда достигает совершенства, когда ей удастся пользоваться математикой”.

При работе над общей теорией относительности, да и в дальнейшем, **А.Эйнштейн** (1879-1955) непрерывно совершенствовался в изучении и применении математики, причем самых новейших и сложных ее разделов.

Из всех высказываний великих людей (эти высказывания можно было бы приводить бесконечно) следует, что математика - это “цемент”, который связывает воедино науки, входящие в естествознание и позволяет взглянуть на него как на целостную науку.

1.5. Составные части современного естествознания

Согласно учению о системах, важнейшим свойством систем со сложной структурой является их **иерархичность** (от греческого *hierarchia* - лестница соподчинения), а также наличие в них нескольких уровней строения или организации. У высокоорганизованных систем полнее, рельефнее проявляется

принцип иерархии ее подсистем или структурных уровней. Более того, в такой системе уже действует не принцип равноправности подсистем (или координации), но **принцип соподчинения, т.е. субординации**.

Иерархичность есть и в естественных науках. Впервые на нее указал французский физик **Андре Ампер** (1775-1836), который попытался найти **принципы естественной классификации** всех известных в его время естественных наук. Созданную им картину наук о Природе он представил в форме “единой системы”, состоящей из различных по глубине идей и разной точности экспериментального материала. Физику он поместил на первое место, как науку более фундаментальную, химию - на второе, как бы выводя ее из физики.

В середине XIX века рядом естествоиспытателей и философов были выдвинуты идеи об иерархии наук в форме четырех ее последовательных ступеней: механика, физика, химия, биология.

Такого рода идеи о субординации естественных наук широко обсуждаются и сегодня. При этом выделяют одну очень важную проблему: можно ли сводить все биологические явления к химическим, а химические - к физическим? Такое сведение “высшего” к “низшему” носит название **редукционизм** (от латинского *reductio* - возвращение, сведение к прежнему). Согласно этой точке зрения, все химические явления, строение веществ можно объяснить посредством физических знаний. Но существует и другая точка зрения, противоположная этой: каждый вид материи и каждая ее форма (физическая, химическая, биологическая) настолько обособлены друг от друга, что между ними “нет прямых переходов”. Общепризнанной оказалась средняя **синтетическая точка зрения**: и химию, и биологию до известной степени можно свести к физике, т.е. объяснять через физические знания.

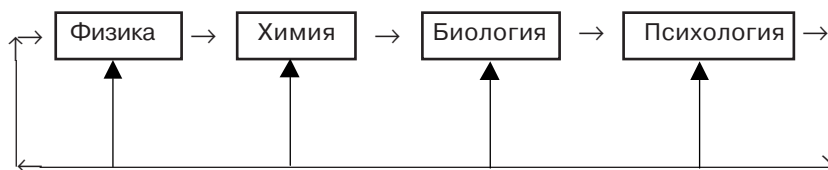
Оказалась не менее важной и другая идея, характеризующая связи естественных наук между собой. Сегодня установлено, что огромную роль в изучении Природы играет использование биологических знаний в химии, а биохимических - в физике. Это направление носит название **холизма** или **интегратизма**. Действительно, в живом организме протекают высокопродуктивные химические реакции и физические явления. И сегодня освоение “химического опыта живой природы” служит важнейшим направлением развития химии и химической технологии.

В сущности, редукционизм и холизм не противостоят друг другу. Их различие заключается лишь в направленности движения мысли ученого: обращается ли он при объяснении данного явления к нижележащему уровню естественно-научных знаний или ориентируется на более высокоорганизованный объект. Эти два метода могут и должны использоваться во всем естествознании, дополняя друг друга.

Кроме того, иерархия основных естественных наук имеет циклически замкнутый характер.

Это можно изобразить с помощью следующей схемы:

ВЗАИМОСВЯЗЬ НАУК В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ



Современный Гуманитарный Университет

Из этой схемы ясно, что химия имеет своим основанием физику, при этом сама является основанием для биологии и психологии. Психология занимает высшее место, но вместе с тем циклически замыкается с исходной наукой всей цепи - физикой.

Цикличность - это свойство, присущее самой Природе. Всем известен круговорот веществ в Природе. Каждые сутки ночь сменяется днем, и каждый год наступает весна. Растение умирая, оставляет на Земле семена, из которых затем появляется новая жизнь. И все повторяется сначала. Даже Вселенная, по современной космологической концепции, представляет собой систему как бы замкнутых макромиров, каждый из которых, в конечном итоге, состоит из элементарных частиц, содержащих, в свою очередь, в себе целые квазизамкнутые миры. Поэтому нет ничего удивительного в том, что все естественные науки, имеющие общий объект исследования - Природу, которому присуще это свойство, также обладают им.

Следовательно, современное естествознание можно представить не только как совокупность естественных наук о Природе, но как единую систему, компоненты которой (естественные науки) являются настолько тесно взаимосвязанными, что вытекают друг из друга, т. е. представляют собой подлинное единство.

2. ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

2.1. Попытка научной систематизации картины мира. Естественно-научная революция Аристотеля

Усвоить естествознание легче, исследуя его развитие во времени. Давайте совершим экскурсию в прошлое науки. Дело в том, что в систему современного естествознания, наряду с новыми науками о Природе, входят и такие исторические области знаний, как **древнегреческая натурфилософия, естествознание Средневековья, наука Нового времени и классическое естествознание до начала XX века**. Это поистине бездонная сокровищница всех знаний, приобретенных человечеством за долгие годы своего существования на нашей планете. Вы готовы к путешествию? Тогда "полный вперед" в прошлое!

Попытка понять и объяснить мир без привлечения таинственных сил была впервые предпринята древними греками. Началось **зарождение науки** в VII-VI в.в. до н.э. в Древней Греции, где появились первые научные учреждения: академия Платона, лицей Аристотеля, Александрийский музей. Именно в Греции была впервые выдвинута идея о единой материальной основе мира и его развитии. Самой гениальной была **идея атомистического строения материи**, впервые высказанная **Левкиппом** (500-400 до н.э.) и развитая его учеником Демокритом (460-370 до н.э.).

Суть учения Демокрита сводится к следующему:

1. Не существует ничего, кроме атомов и чистого пространства (т.е. пустоты, небытия).
2. Атомы бесконечны по числу и бесконечно разнообразны по форме.
3. Из "ничего" не происходит ничего.
4. Ничто не совершается случайно, а только по какому-либо основанию и в связи с необходимостью.
5. Различие между вещами происходит от различия их атомов в числе, величине, форме и порядке.

Развивая учения Демокрита, **Эпикур** (341-270 до н.э.) пытался объяснить на основе атомных представлений все естественные, психические и социальные явления. Если суммировать все воззрения Демокрита и Эпикура,

то, имея хорошее воображение, можно увидеть в их трудах **зачатки атомной и молекулярно-кинетической теории**. Учение древнегреческих атомистов дошло до нас через знаменитую поэму “О природе вещей” **Лукреция** (99-56 до н.э.).

По мере накопления знаний о мире задача их систематизации становилась все более актуальной. Эта задача была выполнена одним из величайших мыслителей древности, учеником Платона - **Аристотелем** (384-322 до н.э.). Аристотель был наставником **Александра Македонского**, вплоть до его смерти. Аристотелем было написано много работ. В одной из них - “Физике”, он рассматривает вопросы о материи и движении, о пространстве и времени, о конечном и бесконечном, о существующих причинах.

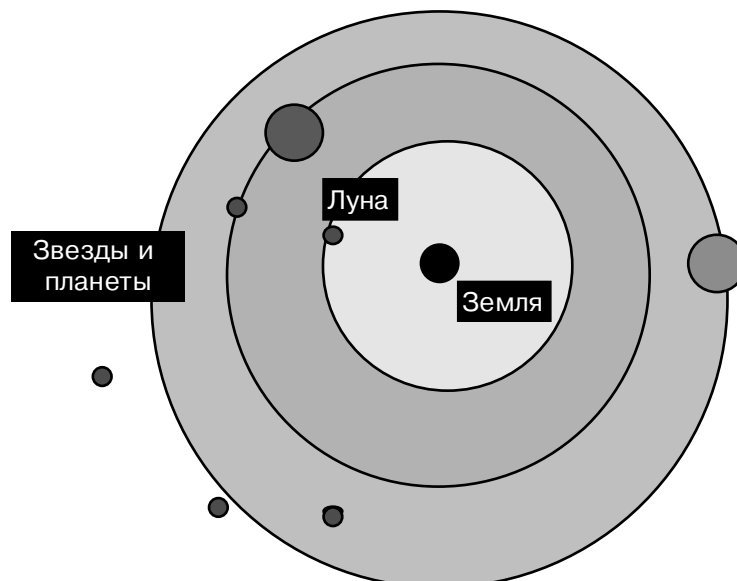
В своей другой работе - “О небе” он привел два веских довода в пользу того, что Земля не плоская тарелка (как считали в то время), а круглый шар.

Во-первых, Аристотель догадался, что лунные затмения происходят тогда, когда Земля оказывается между Луной и Солнцем. Земля всегда отбрасывает на Луну круглую тень, а это может быть лишь в том случае, если **Земля имеет форму шара**.

Во-вторых, из опыта своих путешествий греки знали, что в южных районах Полярная звезда на небе располагается ниже, чем в северных. Полярная звезда на Северном полюсе находится прямо над головой наблюдателя. Человеку же на экваторе кажется, что она располагается на линии горизонта. Зная разницу в кажущемся расположении Полярной звезды в Египте и Греции, Аристотель сумел вычислить длину экватора! Правда эта длина получилась несколько большей (примерно в два раза), но все равно в те времена это было крупное научное открытие.

Аристотель полагал, что Земля неподвижна, а Солнце, Луна, планеты и звезды обращаются вокруг нее по круговым орбитам.

Интересно, что первые глобальные научные открытия были сделаны учеными не в земной области, а в области Вселенской, космической. Именно из этих астрономических знаний родилась новая картина строения Вселенной,



Современный Гуманитарный Университет

разрушая все старые привычные представления об окружающем людей мире. Эти знания настолько изменили и само мировоззрение всех живших в то время людей, что силу их воздействия на умы можно сравнить разве что с революцией - резкой переменой взглядов на устройство мира. Такие “перевороты” в основах знаний в научном мире так и называются - **естественно-научные революции**.

Каждая глобальная естественно-научная революция начинается именно с астрономии (величайший пример - создание теории относительности). Решая чисто астрономические проблемы, ученые начинают ясно понимать, что у современной науки нет достаточных оснований для ее объяснения. Далее начинается радикальный пересмотр всех имеющихся космологических представлений о мире и о Вселенной в целом. Завершается естественно-научная революция (если дело доходит до этого) возведением нового физического фундамента под новые, радикально пересмотренные космологические представления о всем мироздании.

Главный итог первой естественно-научной революции, преобразовавшей астрономию, космологию и физику, - создание последовательного учения о геоцентрической системе мира, начатое еще в VI в. до н.э. Анаксимандром и Аристотелем. Эту научную революцию естественно назвать Аристотелевой.

2.2. Архимед и геометрия Евклида

Переход к **геоцентризму** представлял собой первый и очень трудный шаг на пути к пониманию истинного строения Земли и космоса. Видимая полусфера неба, ограниченная местным горизонтом, была дополнена аналогичной невидимой полусферой до полной небесной сферы. Собственно и сама **Земля**, противопоставленная остальной (небесной) сферической Вселенной, занимающая в ней центральное положение и абсолютно неподвижная, стала считаться **сферической (шарообразной)**. Ученым того времени с трудом пришлось смириться с тем фактом, что на диаметрально противоположном пункте земного шара, согласно этой модели, существуют люди, которые ходят по отношению к ним “вверх ногами”! Да, оказывается, что и сами ученые по отношению к этим людям тоже “стоят на голове”. Это теперь, в эпоху спутников и “обычных” космических полетов вокруг Земли кажется: “Ну и что здесь странного? Земля - шар! Это же всем с пеленок известно!” Но представьте себе древних ученых, которым “с пеленок” было известно совсем другое - Земля плоская, она стоит на трех китах. Очень трудно было ломать старые представления об устройстве мира, тем более представить себе людей, стоящих на голове! Потому настоящее утверждение идеи о шарообразности нашей планеты произошло значительно позже - в эпоху первых кругосветных путешествий и великих географических открытий, т.е. лишь на рубеже XV и XVI веков.

Мы же продолжим путешествие по Древней Греции. Именно здесь впервые зародились **основы** всем известной **школьной геометрии**, ее постулаты, ее теоремы - это не что иное, как переработанные “Начала” Евклида (III в. до н.э.). Его предшественники - Фалес, Пифагор, Аристотель и другие многое сделали для развития геометрии, но все это были отдельные фрагменты. Единую логическую схему геометрии смог дать только Евклид в своих “Началах” - уникальном произведении в истории человеческой культуры.

Трудно оценить то влияние, которое оказали “Начала” на научную деятельность многих ученых, совершивших революцию в естествознании. **Н.Коперник** никогда не расставался с томом Евклида. Галилео Галилей также прекрасно владел основами его геометрии. А Исаак Ньютон* по примеру Евклида назвал свой фундаментальный труд “Начала”. Геометрией Евклида

был очарован и Эйнштейн. Он говорил: "Мы почитаем Древнюю Грецию как колыбель западной науки. Там была впервые создана геометрия Евклида - это чудо мысли.... Тот не рожден для теоретических исследований, кто в молодости не восхищался этим творением".

Другим выдающимся ученым древнего мира является **Архимед** (287-212 до н. э.). Это был первый представитель математической физики, стремящийся воплотить законы механики (закон рычага, учение о центре тяжести, о плавании тел и др.) в действующие конструкции машин. Общеизвестным в настоящее время является **закон Архимеда**. Этот закон изложен в сочинении "О плавающих телах", где путем логических рассуждений приходит к его формулировке: "На тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, равная весу жидкости, вытесненной телом". Далее Архимед разбирает условия равновесия плавающих тел, имеющих форму сферического и параболического сегментов. Выводы, полученные Архимедом, были подтверждены и развиты математиками и механиками XIX в. Основы гидростатики, заложенные им получили развитие в XVI-XVII вв.

Разве можно после этого не удивляться гению Архимеда и не увлекаться теми легендами о нем, которые дошли до нас. Одна из легенд гласит о том далеком событии, когда Архимед одним движением руки спустил на воду тяжелый корабль, построенный для египетского царя **Птолемея**. Он сделал это, используя систему блоков. Другая легенда утверждает, что когда Архимед изобрел рычаг, он был настолько счастлив, что воскликнул: "Дайте мне точку опоры, и я сдвину Землю!". Ну, а третья история, наверняка, известна и вам. Вы, вероятно, помните, как Архимеда, принимающего ванну и размышляющего о причинах, которые заставляют тела держаться на поверхности воды, внезапно озарила блестящая идея о выталкивающей силе. Голый Архимед выскочил из ванны и с радостными криками: "Эврика! Я нашел!" - выбежал на улицу. В память об этом гении древности потомки Архимеда и через века пронесут его возглас "Эврика!", ассоциирующийся теперь с любым неординарным научным открытием.

2.3. Гелиоцентрическая система мира Коперника. Вторая естественно-научная революция

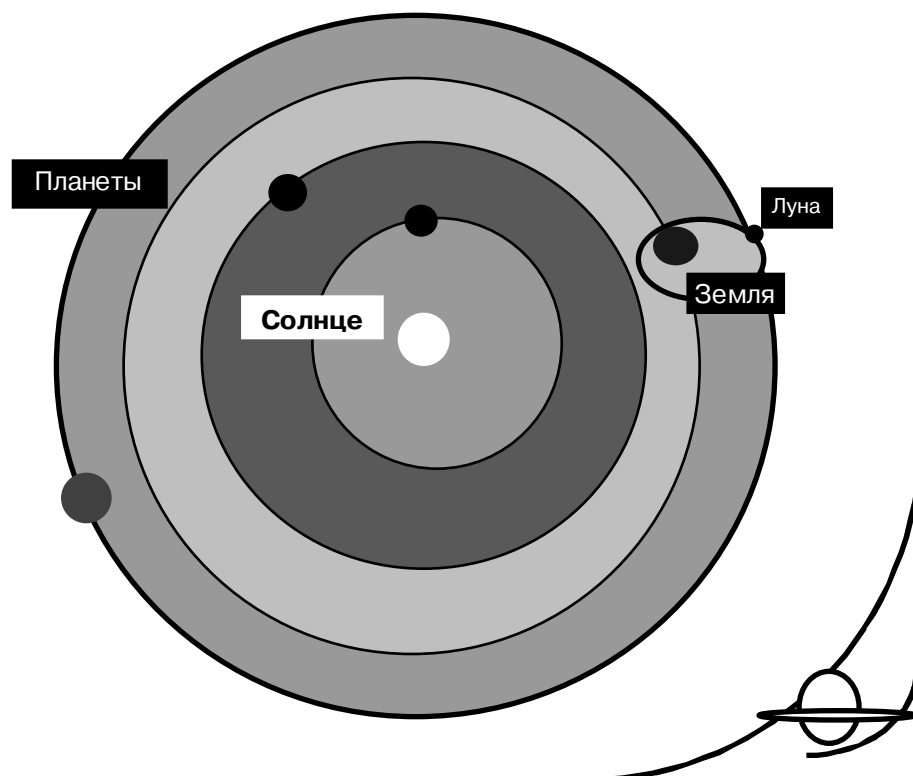
Как уже было сказано, Аристотель утверждал, что Земля неподвижна и находится в центре Вселенной. Представления Аристотеля об устройстве мира оставались незыблемыми до XVII века. Это, конечно, не значит, что взамен ничего не предлагалось.

Так, Архимед (ок.310-230 до н.э.) предложил еще в то время гелиоцентрическую систему "строения Вселенной", в которой все планеты, в том числе и Земля, вращаются вокруг Солнца. Однако, подобная мысль слишком опережала свое время и была полностью отвергнута, в частности из-за ее противоречия аристотелевой картине мира.

Птолемей (ок.100-165 н.э.) превратил идею Аристотеля в полную космологическую модель геоцентрической системы мира.

Земля стоит в центре, окруженная восемью сферами, и несущими на себе Луну, Солнце и планеты. Что лежит за последней сферой, не объяснялось. Но было бы неверным считать, что система Птолемея принималась безоговорочно. Уже в конце XIII века среди ученых появилось недовольство этой системой из-за ее сложности и громоздкости. Постепенно начали возникать и более обоснованные возражения.

Французский философ **Николай Орезмский** (1320-1382) высказал мысль, что легче представить себе вращение самой Земли, чем вращение вокруг нее огромной звездной сферы. Однако, дальше идеи не пошел.



Начало научной революции, которая низвергла систему Птолемея, а вместе с ней и все здание механики Аристотеля положил труд **Николая Коперника** (1473-1543). Коперник еще студентом познакомился с идеями о возможном движении Земли. Он проникся убеждением, что наблюдаемые движения небесных тел лучше всего объясняются двумя движениями Земли: ее вращением вокруг своей оси и обращением вместе с другими планетами вокруг Солнца, которое находится в центре мира. В 1543 г. в год смерти Коперника вышла в свет его книга "О вращении небесных сфер". Книга вызвала большой интерес и многочисленные дискуссии.

Идея гелиоцентрической Вселенной и движущейся Земли начала быстро завоевывать умы ученых. В Англии теория Коперника нашла прочную поддержку. Там вышла книга **Томаса Диггса** (ок. 1545-1595) "Совершенное описание небесных сфер", где Диггс почти полностью перевел труд Коперника на английский язык.

В 1583 г. Англию посетил доминиканский монах **Джордано Бруно**, где он познакомился с теорией Коперника. Его горячую поддержку идей Коперника и представлений о бесконечном звездном космосе Католические церковники сочли проявлением еретических отношений к церкви. В 1600 г. Джордано Бруно был сожжен на костре за ересь, а его страстная пропаганда новых представлений о Вселенной привела к тому, что Католическая церковь предала теорию Коперника анафеме.

В Россию сведения о гелиоцентрической системе стали проникать только в XVII в. Ученый монах **Епифаний Славинецкий** с двумя помощниками перевел “Космографию” Янсона Блеу. Это был первый русский источник, излагавший теорию Коперника. Вскоре была переведена и “Селенография” **Гевелия**, в которой также говорилось об учении Коперника. Однако, обе книги так и не были напечатаны.

Первой книгой, которая познакомила широкий круг русских людей с учением Коперника стала работа **Фонтенеля** “Разговор о множественности миров”, переведенная на русский язык в 1740г. Она в простой и занимательной форме знакомила с воззрениями Коперника, Бруно, Галилея.

Грандиозные успехи небесной механики (в конце XVII - начале XIXв.) вынудили Католическую церковь снять запрет с книги Коперника, а вместе с ней и с произведений Галилея и Кеплера.

Величие созданной **Коперником гелиоцентрической системы мира** обнаружилось после того, как **Кеплер** открыл истинные **законы эллиптического движения планет**, а **Ньютон** на их основе - **закон всемирного тяготения**. **Левверье** и **Адамс** на основании данных этой системы предсказали существование и теоретически определили местонахождение неизвестной планеты (Нептуна), а **Галле**, направив телескоп в указанную точку неба открыл ее. Это ли не триумф учения Коперника, это ли не доказательство его истинности?

Самым знаменитым сторонником системы Коперника был итальянский ученый **Галилео Галилей** (1564-1642), который первым применил телескоп для астрономических наблюдений. Огромное значение имели труды Галилея по механике - они во многом способствовали созданию непротиворечивой теории механики и тяготения. Галилей, пожалуй, больше чем кто-либо другой ответственен за рождение современной науки. Знаменитый спор с Католической церковью занимал центральное место в философии Галилея, ибо он одним из первых объявил, что у человека есть надежда понять как устроен мир, и более того, что этого можно добиться, наблюдая наш реальный мир.

Галилей сделал открытия, полностью изменившие представление человека о Вселенной. Многие в этих открытиях противоречило учению Аристотеля и давало очевидные подтверждения правильности систем Коперника.

Галилей обнаружил на поверхности Луны горы, долины, - то есть то, что свойственно земным ландшафтам. Он увидел тысячи и тысячи звезд, слишком слабых, чтобы их можно было наблюдать без телескопа, причем Млечный Путь, как оказалось, состоит из множества звезд, а отнюдь не представляет собой некое атмосферное явление, как утверждал Аристотель. Наблюдая в телескоп планеты, Галилей заметил, что они предоставляют собой вполне различные светящиеся диски, тогда как звезды и при самом большом увеличении остаются светящимися точками. Это означает, что звезды находятся на гораздо больших расстояниях от Земли, чем планеты.

Наблюдение замеченных на поверхности **Солнца** пятен помогло Галилею выяснить, что оно вращается вокруг своей оси. Получалось, что и Солнце совсем не идеальное эфирное тело, каким его считали до сих пор. Более того, если оно вращается вокруг своей оси, то и Земля может совершать подобное движение. Выяснилось также, что у Венеры наблюдается периодическая смена фаз, а это не находило объяснения в системе Аристотеля - Птолемея. Но, пожалуй, самым важным открытием Галилея, опубликованном в его труде “Звездный вестник” в 1610 г. было наблюдение четырех спутников планеты **Юпитер**. Этот факт доказывал, что **Земля не является единственным центром Вселенной**, а скорее всего, как это и следовало из системы Коперника, **сама движется вокруг Солнца**.

Наблюдения Галилея согласовывались с взглядами Коперника и, кроме того, являлись убедительным свидетельством против догмата о разделении мира на небо и Землю.

В своей знаменитой работе “Диалог о двух главнейших системах мира: Птолемеевой и Коперниковой”, изданной в 1632г., он приводит в пользу истинности учения Коперника не только астрономические, но и механические доводы.

Опровергая аргументы Птолемея, направленные против утверждения о вращении Земли, Галилей приходит к открытию Закона инерции и механического принципа относительности. Открытием **Закона инерции** было ликвидировано многовековое заблуждение Аристотеля о необходимости постоянной силы для поддержания равномерного движения. Оказалось, что равномерное и прямолинейное движение, равно как и покой, может существовать при отсутствии всяких сил. Это имело огромное, не только чисто научное, но и мировоззренческое значение. Как известно, к инерциальным системам отсчета относятся покоящиеся (неподвижные) системы и системы, которые движутся относительно неподвижных равномерно и прямолинейно. Равноправность таких систем **Галилей** доказывал различными опытами и логическими рассуждениями.

Именно Галилей впервые обратил внимание на относительность механического движения, сформулировав свой **принцип относительности**, согласно которому: “Никакими механическими опытами, проведенными внутри системы, невозможно установить, покоится система или движется равномерно и прямолинейно”.

Преследование инквизиции, затем унижительное судилище подорвали здоровье Галилея. Однако, несмотря на запрет инквизиции за четыре года до смерти, он тайно переправил в голландское издательство рукопись своей второй большой книги “Две новые науки”. Именно эта работа дала рождение современной науке. Галилей по праву считается одним из основоположников опытного естествознания, т.к. им были впервые в истории науки сформулированы требования к научному эксперименту.

2.4. Кеплер и его законы движения планет

Вторым ученым, сыгравшим решающую роль в утверждении **гелиоцентрической системы**, был **Иоганн Кеплер** (1571-1630). В 1600г. Кеплер, вплотную занявшись исследованием **Марса**, пришел к выводу: орбита Марса должна быть эллипсом.

Кеплер открыл **три основных закона движения планет**, которые так и называются - законами Кеплера. В современной формулировке они звучат так:

1. Каждая планета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце.
2. Каждая планета движется в плоскости, проходящей через центр Солнца, причем площадь сектора орбиты, описанная радиусом-вектором планеты, изменяется пропорционально времени обращения.
3. Квадраты времен обращения планет вокруг Солнца относятся как кубы их средних расстояний от него.

Созданием своих законов Кеплер положил конец более чем двухтысячелетнему господству догматической веры в совершенство небес и идеи об идеальном круговом движении небесных тел как единственно возможном. Более того, Земля была окончательно “свергнута” со своего пьедестала в центре мироздания.

2.5. Закон всемирного тяготения Ньютона

На этом этапе развития естествознание находилось уже совсем близко от **второй глобальной научно-технической революции**, для совершения которой “не хватало только” **Ньютона** с его выдающимся трудом “Математические начала натуральной философии”. Но основы механики для построения теории тяготения Ньютона уже были заложены Галилео Галилеем.

Исаак Ньютон (1643-1727) - выдающийся английский физик, механик, астроном и математик - сформулировал основные законы классической механики, открыл закон всемирного тяготения, разработал (наряду с Лейбницем) дифференциальное и интегральное исчисления.

Ньютон по-настоящему занялся проблемой тяготения в 1665г. Существует легенда, согласно которой, увидев в саду падающее с дерева яблоко, Ньютон подумал: не заставляет ли падать яблоко та же самая сила, что удерживает Луну на околоземной орбите? Однако, это только красивая легенда.

В действительности понадобилось величайшее умственное напряжение, обработка многих экспериментальных фактов для того, чтобы прийти к фундаментальному закону Природы - **закону всемирного тяготения**.

После многочисленных расчетов и уточнений, Ньютон приходит к твердому убеждению, что движением планет, Луны и всех тел, падающих на Землю, управляет одна и та же сила, известная под общим названием - **тяготение**. Прежде, чем дальше развивать свою теорию, Ньютон разработал необходимый математический аппарат. Это фактически была совершенно новая область математики - **математический анализ**.

В книге 1 “Начала” им были сформулированы **три основных закона движения**, имеющие фундаментальное значение и в современной физике.

Законы механического движения Ньютона:

Первый закон: всякое тело пребывает в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока действующие на него силы не изменят этого состояния.

Второй закон: произведение массы тела **m** на его ускорение **a** равно действующей на него силе **F = m x a**, а направление ускорения совпадает с направлением силы.

Третий закон: действию всегда соответствует равное по величине и противоположно направленное противодействие.

Первый и второй законы Ньютона окончательно опровергли учение Аристотеля о силе и движении. Ньютон предельно ясно объяснил, что для поддержания движения сила не нужна. В его работах были определены и сами понятия силы, массы, инерции. Как следует из “Начала” Ньютона, его динамические законы не только следуют из соответствующих кинематических законов Кеплера и Галилея, но и сами могут быть положены в основу всех трех кинематических законов Кеплера и обоих кинематических законов Галилея (закон инерции и закон свободного падения).

Именно Ньютон впервые **создал единую механику всех земных и небесных тел**, с общими для них законами инерции, динамики, действия и противодействия, а также взаимного тяготения.

Последующие многочисленные наблюдения показали истинность законов Кеплера и закона всемирного тяготения Ньютона. Уже к концу первой половины XIX в. было установлено, что закон всемирного тяготения существует повсеместно в наблюдаемой области Вселенной. Ньютоновское тяготение поистине универсально. Открылись широкие возможности для развития научного подхода к исследованию Вселенной и ее составных частей на основе лишь немногих фундаментальных законов и взаимодействий, имеющих одинаковую силу на Земле, в научной лаборатории и в космосе.

Лишь один из аспектов теории казался неудовлетворительным: сила Ньютоновского тяготения действовала по всей огромной Вселенной, однако, природа этой силы оставалась загадочной. Сам Ньютон упорно отказывался даже от попыток объяснить природу гравитационной силы. Действительно, из закона тяготения сила взаимодействия между двумя телами $F = kmM$ (где k - коэффициент пропорциональности, m - масса притягиваемого тела, M - масса притягивающего тела). Такое взаимное тяготение различных тел, не соприкасающихся друг с другом, возможно только при условии мгновенного дальнего действия и при условии, что точечное тело обладает малой массой m в центральном силовом поле тяготения основного притягивающего тела массы M .

В 1873 г. французский математик **Бертран** рассчитал орбиты движения точечного тела с постоянной массой m , которое движется в центральном силовом поле притяжения к неподвижному телу массы M . Оказалось, что эти орбиты представляют собой замкнутые окружности в том случае, когда величина радиальной силы притяжения F либо прямо пропорциональна текущему радиусу r , либо обратно пропорциональна его квадрату.

В первом случае мы имеем дело с законом, аналогичным закону Гука: $F \sim r$ (где r - радиус орбиты, а F - сила). Во втором - альтернативном случае - мы получаем универсальную силу всемирного тяготения Ньютона $F = -GmM/r^2$, где G - ньютоновская гравитационная постоянная.

На то, что универсальная сила тяготения в трехмерном пространстве убывает с удалением обратно пропорционально именно квадрату расстояния, обратил внимание еще **Иммануил Кант**: "Трехмерность происходит, по-видимому, оттого, что субстанции в существующем мире действуют друг на друга таким образом, что сила действия обратно пропорциональна квадрату расстояния".

Важно подчеркнуть, что Кант в принципе допускал возможность существования и других миров с совершенно иными по размерности пространствами, ведь он полагал, что в них соответствующая универсальная сила взаимодействия всех материальных тел уже не была бы обратно пропорциональна квадрату расстояния.

Однако, результат решения "проблем Бертрана", приведенный выше, означает, что сила всемирного тяготения F в центральном радиальном силовом поле, обратно пропорциональна текущему радиусу r в степени $n = 2$.

Из этих рассуждений видно, что закон всемирного тяготения, открытый Ньютоном носит фундаментальный характер, ибо затрагивает существо нашего мира. Вот почему можно говорить о второй глобальной естественно-научной революции, и эта революция, по существу, была физически завершена Ньютоном.

Вторая глобальная естественно-научная революция, преобразовавшая все естествознание представляла собой переход от геоцентризма к гелиоцентризму, а от него - к полицентризму.

2.6. Универсальный закон сохранения Ломоносова

История человечества знает много разносторонне одаренных людей. И среди них одно из первых мест принадлежит великому русскому ученому **Михаилу Васильевичу Ломоносову** (1711-1765). Оптика и теплота, электричество и тяготение, метеорология и искусство, геология и астрономия - вот те области, в которых Ломоносов оставил свой неизгладимый след.

Глубокое изучение работ этого гения в области физики и химии, проведенное в наше время, открыло совершенно новое понимание роли Ломоносова в мировой науке. Все начинания Ломоносова в науке были новаторскими. Став профессором, Ломоносов построил первую химическую лабораторию, издал в своем переводе "Экспериментальную Вольфианскую

физику”. С появлением этого перевода русская физика получила не только первый учебник на русском языке, но и основы русского научного языка. Он разработал и прочитал в 1752-1754 гг. совершенно новый и необычный курс **физической химии**, т.е. по существу заложил фундамент новой науки.

Неоценим его вклад в развитие естествознания. Ломоносов является одним из основоположников **кинетической теории теплоты и газов**, автором **закона сохранения материи и движения**, впервые предсказал **существование абсолютного нуля температуры**. Ломоносов впервые высказал мысль о связи электрических и световых явлений, об электрической природе северного сияния, защищал волновую теорию света.

Ученый оставил после себя большое количество идей, которые осуществлялись наукой в течение 100-150 лет после его смерти. Приведем конкретные примеры. Записывая наблюдения, что “наэлектризованная чаша весов притягивается к железной плите”, Ломоносов делает вывод, что “весами можно весить электрическую силу”. Действительно, из истории науки мы знаем, что позже это было реализовано лордом **Кельвином и У. Томсоном** в абсолютном электрометре. Занимаясь электричеством, Ломоносов делает пометку: “Надо поставить опыт, будет ли луч света иначе преломляться в наэлектризованном стекле и воде”. Такой опыт был позднее проведен в 1875 г. **Керром**, открывшим **двойное преломление луча в электрическом поле** (эффект Керра).

Ломоносов был разносторонним и глубоким философом, мечтавшим написать грандиозную корпускулярную философию природы, объясняющую все явления органической и неорганической природы с единой точки зрения. В своих исследованиях он строго руководствовался основной идеей: “Природа крепко держится своих законов и всюду одинакова”.

2.7. Рождение науки об электричестве

... А сейчас отправимся в XIX век, в котором произошло завершение исторического этапа развития классической физики.

Девятнадцатое столетие ознаменовалось огромными успехами в исследовании природы **электричества и магнетизма**. Первоначально **электрические явления** - искры, молнии, свойства лейденских банок накапливать заряд - считались совершенно не связанными с явлениями магнетизма, наблюдаемыми в минералах некоторых видов, в поведении стрелки компаса и т.д. Однако датский физик **Эрстед** (1777-1851) и французский физик **Ампер** (1775-1836) продемонстрировали на опыте, что проводник с электрическим током порождает эффект отклонения магнитной стрелки. Эрстед высказал мысль, что вокруг проводника с током существует магнитное поле, которое является **вихревым**. Ампер по существу стал творцом новой науки - **электродинамики**.

Ампер заметил, что магнитные явления происходят тогда, когда по электрической цепи течет ток, причем величина магнитного действия зависит от интенсивности движения электричества. Для измерения этой интенсивности Ампер впервые вводит понятие силы тока, поэтому неслучайно единица силы тока носит его имя - ампер. С помощью своего учения о круговых токах, он сводит магнетизм к электричеству! Это действительно великое открытие. Ампер формулирует до сих пор не известный закон о взаимодействии токов. Более того, он высказывает следующую мысль: “Все явления, которые представляют взаимодействие тока и магнита, открытые Эрстедом, входят как частный случай в законы притяжения электрических токов”.

Работа **Ампера** над созданием **электродинамики** продолжалась вплоть до 1826 г., когда вышел в свет его обобщающий труд “Теория электродина-

мических явлений, выведенная из опытов". В этой работе Ампером была разработана не только качественная теория, но и количественный закон для **силы взаимодействия токов**. Это один из основополагающих законов электродинамики.

Эстафета, принятая Ампером от Эрстеда, была передана в руки великого английского естествоиспытателя **Майкла Фарадея** (1791-1867). Он открыл **явление электромагнитной индукции** - возникновение тока в проводнике вблизи движущего магнита.

Исследуя диэлектрики, Фарадей приходит к мысли о существенной роли среды в электрических взаимодействиях. Изучая характер магнитных явлений, Фарадей склоняется к мысли, что передача силы представляет собой явление, протекающее вне магнита. Он считает неверным, что эти явления представляют собой простое отталкивание и притяжение на расстоянии, полагая, что пространство, окружающее магнит, играет столь же существенную роль как и сам магнит.

2.8. Создание теории электромагнитного поля Максвеллом

Открытия, сделанные Фарадеем в области **электромагнетизма**, были развиты выдающимся английским математиком и физиком **Максвеллом** (1831-1879). В его теории электромагнетизма была установлена органическая связь электричества и магнетизма. Основываясь на идеях, высказанных ранее Фарадеем, Максвелл вводит понятие **электромагнитного поля**.

Согласно теории **Максвелла**, каждая заряженная частица окружена полем - невидимым ореолом, оказывающим воздействие на другие заряженные частицы, находящиеся поблизости, т.е. поле одной заряженной частицы действует на другие заряженные частицы с некоторой силой. Такие взгляды на природу взаимодействия резко отличались от ньютоновской концепции тяготения, где притяжение считалось силой прямого взаимодействия между разделенными пространством массами. В теории Максвелла движение частицы, помещенной в данную точку пространства, определялось силовой характеристикой - **напряженностью поля** в этой точке.

Теория электромагнитного поля Максвелла ознаменовала собой начало нового этапа в физике и естествознании. Именно на этом этапе развития физики электромагнитное поле стало реальностью, материальным носителем взаимодействия. Мир постепенно стал представляться электродинамической системой, построенной из электрически заряженных частиц, взаимодействующих посредством электромагнитного поля.

Анализируя свои уравнения, Максвелл пришел к выводу о том, что должны существовать так называемые **электромагнитные волны**, причем скорость их распространения должна быть равна скорости света. Отсюда был сделан совершенно новый вывод: **свет есть разновидность электромагнитных волн**.

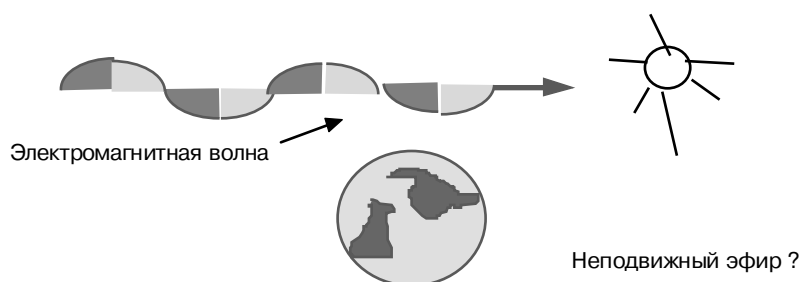
Предсказанные теорией Максвелла электромагнитные волны действительно были открыты в 1888г. **Генрихом Герцем** (1857-1894). Он сумел осуществить передачу и прием электромагнитных волн очень большой длины - **радиоволн**. Сегодня мы имеем дело с целым набором электромагнитных волн, длина которых варьирует от значений очень маленьких, меньше, чем 1/1000 000 000 000 м до многих километров. Все вместе они составляют **электромагнитный спектр**. Это и гамма-, и рентгеновские лучи, ультрафиолетовые излучения, видимый свет, инфракрасное, микроволновое и радиоизлучение. Излучения всех этих видов распространяются в вакууме со скоростью света и имеет одну и ту же природу.

Трудно представить какую-либо волну без среды, в которой она могла бы распространяться. Звуковые волны распространяются в различных

материальных средах: воздухе, воде, твердом теле. Поверхностные волны движутся по поверхности воды. В какой же среде распространяются электромагнитные волны?

Максвелл возродил старую идею о существовании **эфира, заполняющего пространство**, который и должен был служить носителем электромагнитных волн. Система отсчета, связанная с **неподвижным эфиром**, рассматривалась как абсолютный критерий состояния покоя и отождествлялась с абсолютным пространством.

Вскоре были предприняты попытки экспериментального **определения скорости Земли относительно эфира**, но все они приводили к отрицательному результату. Эфир обнаружить не удавалось. Наиболее известны эксперименты американского физика **Майкельсона** (1852-1931). Постепенно становилось ясно, что никакой эксперимент не в состоянии выявить факт движения Земли относительно эфира.



Возникла еще одна проблема. Если законы механики верны во всех инерциальных системах отсчета, то для электродинамики Максвелла это правило как будто не подходит. Почему?

2.9. Специальная теория относительности Эйнштейна

В 1905 г. **Альберт Эйнштейн** (1879-1955), служащий Швейцарского патентного бюро в Берне опубликовал работу, посвященную специальной теории относительности, которая разрешила проблемы электродинамики и эксперимента Майкельсона и окончательно разрушила непрочные основы классических понятий пространства и времени. Эта теория основывалась на двух постулатах.

Первый постулат - принцип относительности: все инерциальные системы отсчета эквивалентны друг другу в отношении постановки в них любых физических экспериментов.

Второй постулат теории Эйнштейна - скорость света является постоянной во всех инерциальных системах отсчета.

Первый постулат означает, что равномерное и прямолинейное движение такой лабораторной системы никак не отражается на результатах проводимых в ней опытов, если она не ускоряется и не вращается. Принцип относительности устранил различия в проявлении законов механики и электродинамики при переходе в другие инерциальные системы отсчета и отбросил как ненужную идею о неподвижном эфире ньютоновского абсолютного пространства. Фундамент, на котором более двух столетий "покоилось" здание физики, был снесен одним ударом.

Второй постулат означает, что скорость света в вакууме не зависит от движения источника и приемника, она одинакова во всех направлениях и равна 300 тыс. км/с. Казалось бы это противоречит здравому смыслу. Действительно, если космический корабль приближается к какому-либо источнику света со скоростью 100 тыс. км/с, и если свет от этого источника распространяется со скоростью 300 тыс. км/с, то тут здравый смысл подсказывает нам, что относительная скорость космического корабля и света, измеренная экипажем, должна быть равна 400 тыс. км/с. Однако, специальная теория относительности утверждает, что в этом случае наблюдатель определит скорость приходящего к нему света по-прежнему равной 300 тыс. км/с!

Хотя выводы такого рода могут показаться абсурдными, они полностью согласуются с результатами опыта Майкельсона и неудачей всех остальных экспериментов, призванных продемонстрировать влияние относительного движения источника и наблюдателя на измеренную величину скорости света.

Вселенная устроена так, что все наблюдатели должны получить в результате своих измерений одну и ту же скорость света. Перед лицом не подлежащих никакому сомнению результатов, полученных в результате множества самых точных и сложнейших экспериментов, нам не остается ничего другого, как признать истинным вывод о постоянстве скорости света, хотя он и противоречит тому ограниченному опыту наших знаний, который именуется “здравым смыслом”.

Выводы из положений специальной теории относительности:

1. **Сокращение длины.** Как отмечал ранее один из крупнейших физиков-теоретиков Лоренц (1853-1928), движение любого объекта влияет на измеренную величину его длины. Если космический корабль проносится с большой скоростью мимо находящегося в неподвижном состоянии наблюдателя, то этому наблюдателю длина корабля покажется короче действительно на величину, зависящую от скорости корабля. Чем ближе скорость корабля к скорости света, тем более заметным становится этот эффект, и если бы корабль мог двигаться точно со скоростью света, его наблюдаемая длина оказалась бы равной нулю.

2. **Замедление времени.** В быстро движущемся космическом корабле время течет медленнее, чем в лаборатории неподвижного наблюдения. Если бы наблюдатель, находящийся на Земле, мог следить за часами в летящей на большой скорости ракете, то он пришел бы к выводу, что они идут медленнее его собственных. Если бы ракету можно было разогнать до скорости света, то для “покоящегося” наблюдателя время внутри нее остановилось бы.

Эффект замедления времени на борту ракеты касается буквально всего, включая процессы и даже биологические ритмы экипажа. Другими словами, с точки зрения земного наблюдателя члены космического корабля стареют медленнее, чем их космические двойники. Если один из двух близнецов совершит длительное космическое путешествие со скоростью, близкой к скорости света, то по возвращении на Землю он обнаружит, что оставшийся дома его брат стал гораздо старше его самого (**парадокс близнецов**). Эффект замедления времени подтвержден многими экспериментами с космическими лучами.

3. **Увеличение массы.** Пытаясь согласовать со специальной теорией относительности второй закон Ньютона, Эйнштейн обнаружил еще одно следствие своей теории: масса тела зависит от скорости его движения. Масса движущегося тела, с точки зрения неподвижного наблюдателя, оказывается больше массы покоя того же тела. Чем ближе скорость тела к скорости света, тем больше становится его масса, и если бы тело могло двигаться со скоростью света, то его масса возросла бы до бесконечности. Отсюда следует, что

никакое тело с отличной от нуля массой нельзя разогнать до скорости света, так как для этого требуется бесконечная энергия.

В том же 1905г. была опубликована небольшая заметка Эйнштейна, где автор находит связь между массой и энергией. “Масса тела есть мера содержащейся в нем энергии”, - заключает Эйнштейн. Так, в науке появилось знаменитое соотношение

$$E = mc^2$$

где **E** - полная энергия тела, **m** - его масса покоя, **c** - скорость света.

Ключевой момент специальной теории относительности состоит в том, что никакую информацию нельзя передать быстрее скорости света, иначе был бы нарушен **фундаментальный закон причинности**: причина всегда предшествует следствию. Во вселенной тогда нарушилась бы логическая связь событий: они стали бы абсолютно случайными и непредсказуемыми. По-видимому, для нас совсем не плохо, что информация не распространяется быстрее света!

Мы знаем, что окружающий нас мир имеет три измерения. Принимая точку зрения Ньютона, мы представляем себе время как независимо существующий, непрекращающийся, ровно текущий поток. Но **специальная теория относительности** утверждает, что время нельзя рассматривать как нечто отдельно взятое и неизменное. В 1907 г. немецкий математик **Минковский** (1864-1909) высказал предположение, что три пространственные и одна временная размерность тесно связаны между собой. Все события во Вселенной должны происходить в **четырехмерном пространстве-времени**.

Эйнштейн быстро оценил преимущество пространственно-временного описания для специальной теории относительности. С тех пор законы природы записываются в четырехмерном виде.

Итак, наша Вселенная, по-видимому, четырехмерна. Пространство и время нельзя рассматривать как независимые физические сущности - напротив, они самым тесным образом связаны между собой.

Специальная теория относительности поистине произвела революцию в нашем понимании пространства, времени и Вселенной.

Но это была не единственная революция в физике начала XX в. Примерно в то же время в корне изменились представления о природе излучения и вещества. Это было и время становления квантовой теории или квантовой физики.

2.10. Создание квантовой механики. Корпускулярно-волновой дуализм

Основанная на уравнениях Максвелла классическая теория излучения нагретых тел противоречила результатам экспериментов. Все попытки объяснить это с позиций классической физики оказались безуспешными.

Эти противоречия разрешил немецкий физик **Макс Планк** (1858-1947). В 1901 г. он высказал предположение, что энергия излучается малыми порциями - **квантами**, причем энергия каждого кванта пропорциональна частоте испускаемого излучения. Связывающий эти величины коэффициент пропорциональности ныне называется **постоянной Планка**. Только после этого удалось построить согласующуюся с опытными данными теорию излучения, которая устранила абсолютно неприемлемую гипотезу (известную как **ультрафиолетовая катастрофа**), согласно которой все тела должны излучать в коротковолновом диапазоне бесконечную энергию.

В 1911 г. **Эрнст Резерфорд** (1871-1937) предложил **модель строения атома**, который ранее считался мельчайшей неделимой частицей.

Квантовая теория вещества и излучения получила подтверждение в экспериментах, обнаруживших, что при облучении твердых тел светом из них выбиваются электроны. При этом оказалось, что энергия вылетающих электронов зависит от частоты падающего света, а не от его интенсивности. Эйнштейн объяснил этот так называемый **фотоэффект** на основе квантовой теории, доказав, что энергия, необходимая для освобождения электрона зависит от частоты света (светового кванта), поглощаемого веществом.

Было доказано, что свет может вести себя и как частица, и как волна, т.е. обладает **дуализмом**. Одним из доказательств этого свойства света является **интерференция**. Интерференция света - это физическое явление, при котором два луча света накладываются друг на друга. При этом на экране возникает картина чередующихся темных и светлых полос. Интерференционную картину можно рассчитывать на основе как волновых свойств света, так и рассматривая свет как фотоны, т.е. как частицы. Из квантового описания следует, что в одних частях экрана (соответствующих светлым полосам) вероятность найти фотоны больше, а в других частях (темные полосы) - меньше.

Основная идея квантовой механики состоит в том, что в микромире определяющим является представление о вероятности событий. На микроскопическом уровне, (т.е. когда речь идет о фотонах или элементарных частицах вещества) мы не можем точно предсказать результат конкретного эксперимента (например, указать на экране точку, в которую должен попасть фотон). Все что мы можем сделать, - это лишь рассчитать вероятность различных исходов опыта. И только при наличии очень большого количества частиц наши предсказания хода эксперимента обретают необходимую точность. Эта очень глубокая мысль предполагает принципиальную ограниченность наших возможностей предсказывать развитие событий.

Ясность в эту специфическую особенность **квантовой теории** в 1927 г. внес немецкий физик **Гейзенберг** (1901-1976), автор знаменитого **принципа неопределенности**. Согласно этому принципу, невозможно одновременно осуществить точное измерение двух дополняющих друг друга характеристик частиц, например, ее скорости и координаты. **Принцип Гейзенберга** фундаментален и очень важен. **Гейзенберг** наглядно объяснял свой принцип на примере гипотетического микроскопа. Если бы мы захотели установить **координату электрона**, точное значение **импульса** которого уже известно, то для того, чтобы увидеть электрон и определить его положение, нам пришлось бы осветить его, т.е. направить на него пучок фотонов. Однако фотоны, сталкиваясь с электроном, передадут ему часть своей энергии и тем самым изменят его импульс на неопределенную величину. Таким образом мы измерим точную координату частицы, но ее импульс окажется неопределенным.

В дальнейшем был достигнут существенный прогресс в понимании природы частиц и широком приложении квантовой теории к различным областям физики. В результате синтеза квантовой теории и специальной теории относительности возникла **квантовая электродинамика** - теория электромагнитных взаимодействий, которая рассматривает процесс взаимодействия заряженных частиц как обмен фотонами.

Создание специальной теории относительности и квантовой теории - это два революционных переворота в физике начала XX в., которые в корне изменили наши представления о пространстве, времени, излучении и веществе.

2.11. Теория гравитационного поля Эйнштейна. Общая теория относительности

В 1916 г. **Эйнштейн** опубликовал свою **общую теорию относительности**, совершив еще один переворот в физических представлениях на сей раз о природе гравитационного взаимодействия. “Фундамент” этой теории был “заложен” в 1907 г., когда Эйнштейн сформулировал **принцип эквивалентности**. Поясним сущность этого принципа.

Термин “масса”, относящийся ко второму закону Ньютона, имеет смысл **инертной массы** - меры сопротивления тела любому изменению состояния его движения. Но понятие “масса” в ньютоновском законе всемирного тяготения имеет другой смысл - это тяготеющая масса или **гравитационная масса**. Еще Галилей утверждал, что в гравитационном поле все тела, независимо от их массы, приобретают одинаковые ускорения. Отсюда вытекает равенство инертной и гравитационной масс. Сам факт их равенства и то, что все тела падают в гравитационном поле с одинаковым ускорением, называют иногда слабым принципом эквивалентности.

Указанное свойство гравитационных полей дает возможность установить существенную аналогию между движением тел в гравитационном поле и движением тел, не находящихся в каком-либо внешнем поле, но рассматриваемых с точки зрения **неинерциальной системы отсчета**. Свойства движения в неинерциальной системе отсчета такие же, как и в инерциальной системе при наличии гравитационного поля. Движение в неинерциальной системе отсчета эквивалентно некоторому гравитационному полю. Это обстоятельство называют **принципом эквивалентности**. Так, если вы находитесь в закрытой кабине лифта (пример Эйнштейна), то вы не в состоянии отличить влияние тяготения от эффектов ускоренного движения. В такой закрытой кабине невозможны никакие эксперименты, которые позволили бы вам отличить явления, связанные с тяготением, от явлений, характерных для ускоренного движения. Внутри небольшой замкнутой кабины эффект гравитации и ускоренного движения неразличимы.

Одно из **следствий принципа эквивалентности** - отклонение лучей света (фотонов) вблизи тяготеющих масс, а свет, испускаемый тяготеющей массой, должен испытывать красное смещение. Это было подтверждено экспериментально.

Другим ключевым моментом в общей теории относительности было понятие **кривизны пространства-времени**. Эйнштейн предположил, что в присутствии массивных тел должно искривляться все пространство-время, (а не только пространство) и что лучи света и частицы будут двигаться в пространстве времени самым коротким путем - по **геодезическим линиям**. (Геодезическая линия на сфере - это дуга). Иными словами, тяготение есть следствие геометрических свойств пространства-времени вблизи массивных тел. Чем массивнее тело и выше его плотность, тем больше оно искривляет окружающее его пространство-время, и тем большую силу притяжения испытывают соседние тела.

А.Уилер, американский физик-теоретик дал меткую характеристику общей теории относительности: “Вещество говорит пространству, как тому искривляться, а пространство говорит веществу, как тому двигаться”.

Общая теория относительности в корне изменила наши представления о пространстве, времени, о Вселенной. Она привела к отказу от какого бы то ни было центризма вообще. Метагалактика - или вся наша наблюдаемая астрономическая Вселенная как единое целое - стала описываться однородной и изотропной безграничной релятивистской космологической моделью.

2.12. Космические модели вселенной. Третья естественно-научная революция

Первая **релятивистская космологическая модель** (модель Вселенной) была предложена самим Эйнштейном. Это была стационарная конечная сферическая замкнутая модель. Затем российский физик, геофизик и космолог **Александр Александрович Фридман** (1888-1925) в 1922 г. нашел ряд решений для расширяющихся Вселенных, заполненных веществом. Три модели Вселенной Фридмана и поныне служат основой для самых современных космических построений. Фридман сделал два очень простых предположения: во-первых, Вселенная выглядит одинаково, в каком бы направлении мы ее не наблюдали (**изотропность Вселенной**), и во-вторых, это утверждение должно оставаться справедливым и в том случае, если бы мы производили наблюдения из какого-нибудь другого места (**однородность Вселенной**). Эти два предположения составляют так называемый **космологический принцип**. Не прибегая ни к каким другим предположениям, **Фридман** показал, что Вселенная не должна быть статической.

Предположение об одинаковости Вселенной во всех направлениях на самом деле, конечно, неверно. Как мы знаем, другие звезды в нашей Галактике образуют четко выделяющуюся световую полосу, которая проходит через все небо - **Млечный путь**. Но если говорить о далеких галактиках, то их число во всех направлениях примерно одинаково. Следовательно, Вселенная действительно “примерно” одинакова во всех направлениях при наблюдении в масштабе, большем по сравнению с расстоянием между галактиками. Долгое время это было единственным обоснованием гипотезы Фридмана как “грубого” приближения к реальной Вселенной. Но потом выяснилось, что астрономические наблюдения, сделанные в XX в., согласуются с космологическими моделями Фридмана и свидетельствуют о том, что Вселенная расширяется из начальной **сингулярности** (т.е. из очень малого объема, где плотность материи бесконечна).

Эйнштейн сначала высказывал сомнения относительно теоретической обоснованности космологических моделей Фридмана, но вскоре признал необоснованность своих сомнений.

С другой стороны, американский астроном **Хаббл** (1889-1953) в 1929 г., сопоставляя наблюдаемое систематическое доплеровское “покраснение” далеких галактик по мере их удаления от нас, установил, что эти галактики равномерно удаляются от нашей Галактики и друг от друга, т.е. вся наша Метагалактика систематически равномерно расширяется. Напомним, что **эффект Доплера** - это увеличение длины волны света при движении источника этого света и наблюдателя друг относительно друга.

Выяснилось, что нашу, в общем достаточно однородную и изотропную Метагалактику, которая равномерно расширяется действительно можно описывать соответствующей релятивистской космологической моделью Фридмана.

Обобщая сказанное, мы можем утверждать, что **третья глобальная естественно-научная революция** радикально преобразила научную картину мира, изменив астрономию, космологию и физику и означала полный отказ от всякого центризма.

Если каждую из трех глобальных естественно-научных революций назвать по имени ученых, завершавших эти революции, то последние две революции можно назвать ньютоновской и эйнштейновской.

Как устроена Вселенная? Как она “живет” и развивается? Конечно она или бесконечна? Возникла ли она какое-то время назад или существовала всегда? Будет ли она существовать вечно или когда-нибудь наступит ее конец?

Вот те ключевые вопросы, которые придают космологии необычайную

привлекательность. По существу это фундаментальные вопросы естествознания.

Ньютон представлял Вселенную бесконечной. Его закон всемирного тяготения столкнулся с непреодолимой трудностью, когда речь зашла о Вселенной как о едином целом. Действительно, если бы звездная Вселенная обладала конечными размерами в гравитационное взаимодействие (т.е. притяжение) вовлеклась бы каждая частица вещества и Вселенная сколлапсировала бы в единую массу. Чтобы это преодолеть, Ньютон постулировал, что Вселенная бесконечна, так что силы тяготения в данной точке взаимно компенсируются и нет общего центра, на который могло бы все падать.

Отметим в этой связи один очень важный факт: ночное небо темное. Почему? Вселенная не может представлять собой константное распределение звезд, бесконечных по возрасту и размерам. Действительно, если бы это было не так, то каждый взгляд наблюдателя встречал бы звезду, но небо-то - темное! Объяснение этого факта лежит в космологической модели расширяющейся Вселенной. Чем дальше находится галактика, тем с большей скоростью она удаляется от нас, и тем больше красное смещение линий ее спектра. А красное смещение излучения источника ослабляет его интенсивность. На определенном расстоянии красное смещение становится так велико, что мы уже не видим света источника. Согласно **закону Хаббла** (закон разбегания галактик) определенную границу имеет по крайней мере наблюдаемая часть Вселенной, т.е. красное смещение порождает космологический "горизонт", за который наш взгляд проникнуть уже не может. Так как след от объектов, лежащих за космологическим горизонтом, не доходит до нас, то нет никаких проблем и с темнотой ночного неба.

Какой, казалось бы, простой вопрос, а ответ на него потребовал наших современных знаний о Вселенной.

Попытаемся ответить также на вопрос: существует ли центр Вселенной? На первый взгляд закон Хаббла гласит о том, что мы находимся в центре расширения мира, и все галактики во Вселенной удаляются от нас, т.е. мы как бы находимся в центре мира. Но есть и другой ответ на этот вопрос. Вселенная будет выглядеть одинаково во всех направлениях и в том случае, если смотреть на нее с какой-нибудь другой галактики (гипотеза однородности Вселенной Фридмана). В модели Фридмана все галактики удаляются друг от друга. На самом деле это следствие расширения Вселенной как единого целого. Для пояснения этого важного момента сравним модель Вселенной с воздушным шариком. Нанесем на надутый шарик точки (галактики) и будем его продолжать надувать. Расстояние между любыми двумя точками увеличивается, но ни одну из них нельзя назвать центром расширения. И еще: чем больше расстояние между точками, тем быстрее они удаляются друг от друга. Итак, опять модель Фридмана подсказала нам ответ на поставленный вопрос.

Несмотря на успех этой модели и на согласие ее предсказаний с наблюдениями Хаббла, работа Фридмана оставалась неизвестной на западе, и лишь в 1935 г. американцы **Робертсон и Уолкер** предложили сходные модели в связи с открытием Хаббла.

Существуют три разные **модели Фридмана**, для которых выполним космологический принцип. В первой модели Вселенная расширяется медленно для того, чтобы в силу гравитационного притяжения между различными галактиками расширение Вселенной замедлялось и в конце концов прекращалось. После этого Вселенная начинает сжиматься. В остальных моделях сжатия не происходит. В **первой модели** Фридмана пространство искривляется, замыкаясь на себя, как поверхность Земли. Поэтому размеры его конечны. Во **второй же модели**, в которой Вселенная расширяется бесконечно, пространство искривлено иначе - как поверхность седла, т.е. в

этом случае пространство бесконечно. В **третьей модели** Фридмана пространство плоское и значит тоже бесконечное.

Но какая из моделей Фридмана подходит для нашей Вселенной? Перестанет ли Вселенная расширяться и начнет сжиматься или же будет расширяться вечно? Чтобы ответить на эти вопросы, нужно знать нынешнюю скорость расширения Вселенной и ее среднюю плотность.

Имеющиеся данные на сегодняшний день говорят о том, что Вселенная, вероятно, будет расширяться вечно. Как говорит знаменитый английский физик-теоретик **Стивен Хокинг**, единственное в чем можно быть совершенно уверенным, так это в том, что если сжатие Вселенной все-таки произойдет, то никак не раньше, чем через десять тысяч миллионов лет, ибо по крайней мере столько времени она расширяется. Но это не должно нас слишком тревожить: к тому времени, если мы не переселимся за пределы Солнечной системы, человечества давно уже не будет - оно угаснет вместе с Солнцем.

Все варианты модели Фридмана имеют общее: в какой-то момент времени в прошлом (десять-двадцать миллиардов лет назад) расстояние между соседними галактиками должно было равняться нулю. В этот момент (называемый **Большим взрывом**) плотность Вселенной и кривизна пространства-времени должны были быть бесконечными. Поскольку математики не умеют обращаться с бесконечно большими величинами, это означает, что, согласно общей теории относительности во Вселенной должна быть точка, в которой сама эта теория неприменима. Такая точка называется особой или **сингулярной**. В этой точке наши теории неверны из-за бесконечной плотности материи и бесконечной кривизны пространства-времени. Следовательно, если перед Большим взрывом и происходили какие-то события, по ним нельзя было спрогнозировать будущее. Следовательно, те события, которые происходили до Большого взрыва нужно исключить из модели и считать началом отсчета времени момент Большого взрыва.

Итак, если верна общая теория относительности, то Вселенная могла иметь сингулярную точку, Большой взрыв. Но вот следует ли из общей теории относительности, что у Вселенной должно быть начало времени? Ответ на этот вопрос был получен в 1965 г. английским математиком и физиком **Роджером Пенроузом**. Пенроуз показал, что когда звезда сжимается под действием собственных сил гравитации, она ограничивается областью, поверхность которой сжимается до нуля; то же самое происходит и с ее объемом. Возникает сингулярность в области пространства-времени, она называется **черной дырой**. Стивен Хокинг заметил, что если в теореме Пенроуза изменить направление времени на обратное, то эта теорема тоже будет верна.

В итоге Хокингу и Пенроузу в 1970 г. удалось доказать, что сингулярная точка Большого взрыва должна существовать. Однако, в последние годы, с развитием **квантовой теории гравитации**, было показано, что эффект сингулярности может исчезнуть. Сейчас ведутся интенсивные работы в области квантовой гравитации, необходимые для соединения единой теории всего происходящего во Вселенной.

2.13. Элементарные частицы и силы в природе

Аристотель считал вещество непрерывным, - т.е. любой кусок вещества можно бесконечно дробить на все меньшие и меньшие кусочки, так и не дойдя до такой крошечной крупинки, которая дальше бы не делилась. Однако, другие древнегреческие философы, например, Демокрит, придерживались мнения, что материя имеет зернистую структуру и что все в мире состоит из большого числа разных атомов. Проходили века, но продолжался бездоказательный спор как с той, так и с другой стороны. Спор этот длился до начала нашего века,

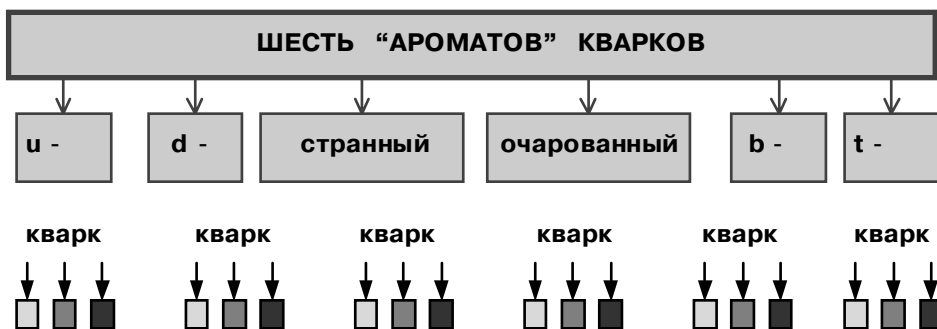
пока английский физик Джозефер Томсон (1856-1940) не открыл в 1897 г. простейшую элементарную частицу материи - электрон. Вскоре стало ясно, что электроны должны вылетать из атомов. В 1911 г. английский физик Эрнст Резерфорд, доказал, что атомы вещества действительно обладают внутренней структурой: они состоят из положительно заряженного ядра и вращающихся вокруг него электронов.

Сначала предполагали, что ядро атома состоит из электронов и положительно заряженных частиц, которые называли **протонами**. Однако, в 1932 г. **Джеймс Чэдвик** обнаружил, что в ядре есть еще и другие частицы - **нейтроны**, масса которых почти равна массе протона, но которые не заряжены.

Как говорилось выше, частицы могут себя вести, подобно волне (**корпускулярно-волновой дуализм**). Открытие волновой природы электрона раскрыло новый, своеобразный мир явлений. Изысканная теория электрона была предложена выдающимся физиком-теоретиком **П.Дираком** в 1928 г. Эта теория дает нам возможность определить, когда электрон сходен с частицей, а когда - с волной. Одна из посылок теории Дирака об электроне заключалась в том, что должна существовать элементарная частица, обладающая такими же свойствами, как и электрон, но с положительным зарядом. Такая частица (или античастица) была обнаружена и названа **позитроном**. Из теории Дирака также следовало, что позитрон и электрон, взаимодействуя между собой (**реакция аннигиляции**), образует пару **фотонов**, т.е. **квантов электромагнитного излучения**. Возможен и обратный процесс (процесс рождения), когда фотон, взаимодействуя с ядром, превращается в пару **электрон-позитрон**. Кроме того, электрон и позитрон могут возникать и исчезать не только совместно, но и по отдельности - при взаимных превращениях нейтронов и протонов или их **античастиц**, т.е. **антинейтронов** и **антипротонов**.

Характерное для волновой механики (механика, которая рассматривает частицу как волну) вероятностное распределение рассматриваемых частиц (каждой частице сопоставляется **волновая функция**, квадрат амплитуды которой равен вероятности обнаружить частицу в определенном объеме) относится не только к электрону. В случае атомных ядер оно позволяет составляющим эти ядра **нуклонам** (т.е. протонам и нейтронам) "просачиваться" через непреодолимый для них потенциальный барьер наружу - это так называемый **квантово-механический туннельный эффект**.

Еще лет двадцать пять тому назад протоны и нейтроны считались **элементарными частицами**, но эксперименты по взаимодействию движущихся с большими скоростями протонов и электронов показали, что на самом деле протоны состоят из еще более мелких частиц. Впервые исследовал эти частицы американский физик-теоретик **Гелл-Манн**. Он назвал их **кварками**. Название "кварк" взято из стихотворной строки Джойса: "Три кварка для мистера Марка!".



Известно несколько разновидностей кварков: предполагают, что существует по крайней мере шесть **ароматов**, которым отвечают **u** - кварк, **d** - кварк, странный кварк, очарованный кварк, **b** - кварк и **t** - кварк. Кварк каждого аромата может иметь еще и один из трех **цветов** - красный, зеленый, синий). Это просто обозначение, т.к. размер кварков значительно меньше длины волны видимого света и поэтому цвета в обычном смысле слова у них нет.

Итак, мы узнали, что ни атомы, ни находящиеся внутри атома протоны с нейтронами не являются неделимыми, а потому возникает вопрос: “Что же такое настоящие элементарные частицы?”

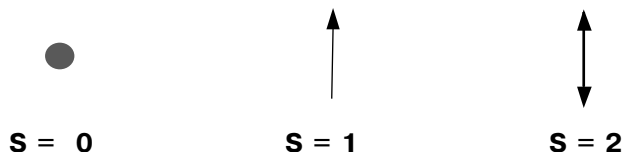
Поскольку длины световых волн значительно больше размеров атома, у нас нет надежды “увидеть” составные части атома обычным способом. Для этой цели необходимы значительно меньшие длины волн.

Согласно квантовой механике, все частицы являются еще и волнами и чем выше энергия частицы, тем меньше соответствующая длина волны. Следовательно, ответ на поставленный вопрос зависит от того, насколько высока энергия частиц, имеющих в нашем распоряжении, потому что этой энергией и определится, насколько малы масштабы тех длин, которые мы сможем наблюдать.

Таким образом, разгоняя частицы в ускорителях (например, в синхрофазотроне) мы получим значительные энергии. Взаимодействуя с другими частицами, эти высокоэнергетические частицы позволяют “заглянуть вглубь” тех частиц, которые считаются элементарными. Так физики узнали, что частицы, которые лет двадцать назад считались элементарными, на самом деле состоят из меньших частиц. А что если при переходе к еще более высоким энергиям окажется, что и эти меньшие частицы, в свою очередь, состоят из еще меньших? Когда эта цепочка оборвется? Правда ученые, работающие в области физики элементарных частиц, считают, что наука уже владеет или почти владеет сведениями об исходных “кирпичиках”, из которых построено все в природе.

Теперь поговорим о **некоторых характеристиках элементарных частиц**. Они имеют вращательную характеристику - **спин**. Представим себе частицы в виде маленьких волчков, вращающихся вокруг своей оси. Однако, такая картина не совсем правильная, потому что в квантовой механике частицы не имеют вполне определенной оси вращения. На самом деле спин-частицы дают нам сведения о том, как выглядит эта частица, если посмотреть на нее с разных сторон. Например, частица со спином **0** похожа на точку, т.к. она выглядит со всех сторон одинаково. Частицу со спином **1** можно сравнить со стрелой: с разных сторон она выглядит по-разному и принимает прежний вид лишь после оборота на 360° . Частицу со спином **2** можно сравнить со стрелой, заточенной с обеих сторон: любое ее положение повторяется с полуоборота (180°). Частицы с более высоким спином возвращаются в первоначальное состояние при повороте на еще меньшую часть полного оборота.

ОБРАЗНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СИММЕТРИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ С РАЗНЫМИ СПИНАМИ



Современный Гуманитарный Университет

Существуют частицы, которые после полного оборота не принимают прежнего вида: их нужно дважды полностью повернуть! Такие частицы имеют **спин $1/2$** .

Все известные частицы во Вселенной можно разделить на две группы: частицы со спином $1/2$, из которых состоит любое вещество во Вселенной (нейтроны, протоны, легкие частицы - **лептоны** и тяжелые частицы - **гипероны**) и частицы со спином 0, 1 и 2, которые создают силы, действующие между частицами вещества (фотоны и частицы под общим названием - **мезоны**).

Частицы вещества подчиняются **принципу запрета Паули**, открытому в 1925 г. австрийским физиком **Вольфгангом Паули**. Принцип Паули гласит, что две одинаковые частицы не могут существовать в одном и том же состоянии, т.е. не могут иметь координаты и скорости, одинаковые с той точностью, которая задается принципом неопределенности. Если частицы вещества имеют очень близкие значения координат, то их скорости должны быть разными и, следовательно, они не смогут долго находиться в точках с этими координатами. Если бы в сотворении мира не учитывался принцип Паули, кварки не могли бы объединиться в единые, четко определенные частицы - нейтроны и протоны, а те, в свою очередь, не смогли бы вместе с электронами образовать отдельные, четко определенные атомы. Без принципа Паули все эти частицы сколлапсировали бы и превратились в более или менее однородное "желе".

В квантовой механике предполагается, что все силы или взаимодействия между частицами вещества переносятся частицами с целочисленным спином, равным 0, 1, 2. Это происходит следующим образом. Частица вещества, например, электрон или кварк, испускает другую частицу, которая является переносчиком взаимодействия (например, фотон). В результате отдачи скорость частицы вещества меняется. Затем частица-переносчик "налетает" на другую частицу вещества и поглощается ею. Это соударение изменяет скорость второй частицы, как будто между этими двумя частицами вещества действует сила. **Частицы-переносчики**, которыми обмениваются частицы вещества, называются **виртуальными**, потому что в отличие от "реальных" их нельзя непосредственно зарегистрировать при помощи детектора частиц. Однако они существуют, потому что они создают эффекты, поддающиеся измерению.

Частицы-переносчики можно классифицировать на четыре типа в зависимости от величины переносимого ими взаимодействия и от того, с какими частицами они взаимодействовали.

1. Первая разновидность - **гравитационная сила**. Эти силы носят гравитационный характер. Это означает, что всякая частица находится под действием гравитационной силы, величина которой зависит от массы и энергии частицы. Это очень слабая сила, которую мы вообще не заметили бы, если бы не два ее специфических свойства: гравитационные силы действуют на больших расстояниях и всегда являются силами притяжения.

В кванто-механическом подходе к гравитационному полю считается, что гравитационная сила, действующая между двумя частицами материи, переносится частицей со спином 2, которая называется **гравитоном**. Гравитон не обладает собственной массой и поэтому переносимая им сила является дальнодействующей. Гравитационное взаимодействие между Солнцем и Землей объясняется тем, что частицы, из которых состоят Земля и Солнце, обмениваются гравитонами. Несмотря на то, что в обмене участвуют лишь виртуальные частицы, создаваемый ими эффект безусловно поддается измерению, потому что этот эффект - вращение Земли вокруг Солнца. Реальные гравитоны распространяются в виде волн, но они очень слабые и их так трудно зарегистрировать, что пока это никому не удалось сделать.

2. Следующий этап взаимодействия создается **электромагнитными**

силами, которые действуют между электрически заряженными частицами, но не отвечают за взаимодействие таких незаряженных частиц как гравитоны. Электромагнитные взаимодействия гораздо сильнее гравитационных: электромагнитная сила, действующая между двумя электронами, примерно в 10^{40} раз больше гравитационной силы. В отличие от гравитационных сил, которые являются силами притяжения, одинаковые по знаку заряды отталкиваются, разноименно заряженные - притягиваются. Переносчиками электромагнитного взаимодействия являются фотоны.

3. Взаимодействие третьего типа называется **слабым взаимодействием**. Оно отвечает за радиоактивность и существует между всеми частицами вещества со спином $1/2$, но в нем не участвуют частицы со спином 0 , 1 , 2 - фотоны и гравитоны.

В 1967 г. английский физик-теоретик **Абдус Салам** и американский физик из Гарварда **Стивен Вайнберг** одновременно предложили теорию, которая объединяла слабое взаимодействие с электромагнитным. Вайнберг и Салам высказали предположение о том, что в дополнение к фотону существует еще три частицы со спином 1 , которые вместе называются **тяжелыми векторными бозонами** и являются переносчиками слабого взаимодействия. Эти бозоны были обозначены символами W^+ , W^- и Z^0 . Массы бозонов предсказывались большими, чтобы создаваемые ими силы имели очень маленький радиус действия. Примерно через десять лет предсказания, полученные в теории Вайнберга-Салама подтвердились экспериментально.

4. **Сильное ядерное взаимодействие** представляет собой взаимодействие четвертого типа, которое удерживает кварки внутри протона и нейтрона, а протоны и нейтроны внутри атомного ядра. Переносчиком сильного взаимодействия считается частица со спином 1 , которая называется **глюоном**. Глюоны взаимодействуют только с кварками и с другими глюонами. У сильного взаимодействия есть одно необычное свойство - оно обладает **конфайнментом** (от англ. **confinement** - ограничение, удержание). **Конфайнмент** состоит в том, что частицы всегда удерживаются в бесцветных комбинациях. Один кварк не может существовать сам по себе, потому что тогда он должен иметь цвет (красный, зеленый, синий).

Следствием конфайнмента является то, что мы не можем наблюдать отдельный кварк или глюон. Не означает ли это, что само представление о кварках или глюонах как о частицах несколько метафизично? Нет, потому что сильное взаимодействие характеризуется еще одним свойством, которое называется **асимптотической свободой**. Это свойство состоит в том, что при высоких энергиях сильное взаимодействие заметно ослабевает и кварки, и глюоны начинают вести себя почти также, как свободные частицы. В результате экспериментов на мощных ускорителях действительно получены фотографии треков (следы частиц) свободных кварков, родившихся в результате столкновения протона и антипротона высокой энергии.

ТИПЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАРНЫМИ ЧАСТИЦАМИ



После успешного объединения электромагнитного и слабого взаимодействий стали предприниматься попытки соединения этих двух видов с сильным взаимодействием, чтобы в результате получилась так называемая **теория великого объединения**. Было предложено несколько вариантов таких "великих" теорий.

Конечно, в этом названии есть некоторая доля преувеличения: во-первых, все предложенные теории на самом деле вовсе не такие уж и великие, а во-вторых, они просто не могут объединить в себе все четыре вида взаимодействий по причине того, что совсем не рассматривают гравитационные взаимодействия. Тем не менее, такие теории могут стать определенным шагом на пути **создания полной теории объединения**, охватывающей все взаимодействия. Теории великого объединения “проливают свет” и на само наше существование. Не исключено, что наше существование есть следствие образования протонов. Такая картина начала Вселенной представляется наиболее естественной. Земное вещество, в основном, состоит из протонов, но в нем нет ни антипротонов, ни антинейтронов. Эксперименты с космическими лучами подтверждают, что то же самое справедливо и для всего вещества в нашей Галактике!

Как уже говорилось, теории великого объединения не включают в себя гравитационное взаимодействие. Гравитационные силы так малы, что их влиянием можно пренебречь, когда мы имеем дело с элементарными частицами или атомами. Однако тот факт, что гравитационные силы являются дальнедействующими, да еще и всегда силами притяжения, означает, что результаты их воздействия всегда суммируются. Следовательно, если имеется достаточное количество вещества, то гравитационные силы могут стать больше всех остальных сил. Вот почему эволюция Вселенной определяется именно гравитацией.

Большинство физиков верят в создание единой теории, в которой все четыре силы оказались бы разновидностью одной.

2.14. Объединение физики. Зарождение четвертой глобальной естественно-научной революции

Учеными разрабатываются теории, затрагивающие какую-либо одну область науки. Например, в химии можно рассчитывать взаимодействия атомов, не зная внутреннего строения атомного ядра. Но ученые надеются на то, что в конце концов будет найдена полная, непротиворечивая теория, в которую все частные теории будут входить в качестве приближений.

Работа по созданию такой теории называется **объединением физики**. Последние годы своей жизни Эйнштейн почти целиком посвятил поискам единой теории, но время для этого тогда еще не пришло. К тому же Эйнштейн отказывался верить в реальность квантовой механики, несмотря на ту огромную роль, которую он сам сыграл в ее развитии.

Надежды на построение такой теории со временем возрастают, ибо мы сейчас значительно больше узнали о Вселенной. Из физики мы знаем о четырех фундаментальных взаимодействиях: слабых, сильных, электромагнитных и гравитационных. Первые три взаимодействия могут быть объединены, но такая теория неудовлетворительна, потому что она не включает гравитацию.

Основная проблема построения теории, которая объединяла бы гравитацию с остальными силами, связана с тем, что общая теория относительности представляет собой классическую теорию, т.е. не включает в себя **квантово-механический принцип неопределенности**.

Другие же теории связаны с квантовой механикой. Поэтому прежде всего общую теорию относительности необходимо объединить с принципом неопределенности. Такие теории создавались в последнее время, но у них был весьма существенный недостаток: в них возникали бесконечные значения энергий, масс. Эти “бесконечности” пытались убрать чисто техническим (математическим) путем, называемым **перенормировкой**. Однако, у этого метода есть серьезный недостаток: он не позволяет теоретически предсказать

действительные значения масс и сил, их приходится подгонять под эксперимент. В результате мы имеем теорию, в которой кривизна пространства-времени должна быть бесконечной, несмотря на то, что эта величина явно конечна. Примерно в 1976 г. появилась надежда на решение проблемы с бесконечностями. Это **теория супергравитации**. Суть этой теории в том, что гравитон (частица, с помощью которой гравитационное поле взаимодействует) объединяется с некоторыми новыми частицами и тогда все эти частицы можно рассматривать как разные виды одной и той же “суперчастицы”, таким образом осуществляется объединение частиц материи. Однако, для того, чтобы выяснить все ли бесконечности устранены, потребовалось проделать такое количество громоздких и сложных расчетов, что ими никто не стал заниматься.

В 1984 г. общее мнение ученых изменилось в пользу так называемых **струнных теорий**. Основными объектами струнных теорий выступают не частицы, занимающие всего лишь точку в пространстве, а некие структуры типа бесконечно тонких кусочков струны, не имеющие никаких измерений, кроме длины. Концы этих струн могут быть либо свободными, либо соединенными друг с другом. Струне в каждый момент времени отвечает линия в трехмерном пространстве. Тогда ее движение в пространстве-времени изображается двухмерной поверхностью, которая называется **мировым листом**. То, что раньше считалось частицами в струнных теориях изображается в виде волн, бегущих по струне так же, как бегут волны по натянутой веревке, если ее дернуть за конец.

В **теориях суперструн** тоже возникают **бесконечности**, но есть надежда, что в тех или иных видах этих теорий эти бесконечности сократятся. Но струнным теориям присуща более серьезная трудность: они не противоречивы лишь в десяти- или двадцатishестимерном пространстве, а не в обычном - трехмерном! Лишние измерения - это обычное дело в научной фантастике. Но что с ними делать в нашем реальном мире?

Почему мы не замечаем эти дополнительные измерения, если они существуют? Почему мы ощущаем только три пространственных и одно временное измерение? Возможно причина кроется в том, что другие измерения “свернуты” в очень малое пространство, размером порядка единицы, деленной на единицу с тридцатью нулями доли сантиметра. Оно так мало, что мы его просто не замечаем.

Но тогда возникает и другая серьезная проблема. Почему лишь некоторые, а не все измерения должны свернуться в маленький шарик?

Один из возможных ответов выводится на основе **антропного принципа**.

Антропный принцип заключается в том, что во Вселенной, великой или бесконечной в пространстве или во времени, условия, необходимые для развития разумных существ, будут выполняться только в некоторых областях, ограниченных в пространстве и во времени.

Двух пространственных измерений недостаточно для того, чтобы могли развиваться такие сложные существа, как люди. Трудности возникли бы и в том случае, если бы число пространственных измерений было больше трех. В этом случае гравитационная сила между двумя телами быстрее возрастала бы с расстоянием, т.к. когда расстояние удваивается, в трех измерениях гравитационная сила уменьшается в четыре раза, в четырех измерениях - в восемь раз, в пяти - в шестнадцать и т.д. Это значит, что орбиты планет, например, Земли, вращающихся вокруг Солнца, были бы нестабильны в том смысле, что малейшее отклонение от круговой орбиты привело к тому, что Земля стала бы двигаться по спирали либо от Солнца, либо к Солнцу. Мы тогда бы либо замерзли, либо сгорели. Да и с Солнцем творилось бы неладное: оно или бы распалось на части, или сколлапсировав, превратилось бы в черную дыру. В результате мы приходим к выводу, что жизнь может существовать

лишь в таких областях пространства-времени, в которых одно временное и три пространственных измерения не очень сильно искривлены.

Допускает ли струнная теория существование таких областей? По-видимому, да. Хотя вполне могут существовать и другие области Вселенной или другие вселенные.

Теория струн затрагивает самые важные вопросы мироздания и является более разработанной современной попыткой ответа на вопросы о природе фундаментальных взаимодействий.

Однако, несмотря на огромный интерес к теории и замечательные достижения, следует сказать, что основные проблемы здесь остаются открытыми. И главная проблема - отсутствие экспериментальных предсказаний. Как пишут российские физики-теоретики **И.Арефьева и И.Волович** в предисловии к первому тому книги пионеров теории суперструн **М.Грина, Дж.Шварца, Э.Виттена** "Теория суперструн": "Мы можем вложить всю информацию об элементарных частицах в теорию суперструн, но сама теория струн не дала пока никаких экспериментальных предсказаний".

Вполне возможно, что теорию суперструн сменит другая теория, которая, в силу развития естествознания и математики, будет более точной и согласованной с нашим опытом.

Что бы это означало, если бы нам удалось открыть теорию Вселенной? Мы, к сожалению, никогда не могли бы быть уверенными в том, что найденная теория действительно верна, потому что никакую теорию нельзя доказать. Но если бы открытая теория была математически непротиворечива и если бы ее предсказания всегда совпадали с экспериментом, то мы могли бы не сомневаться в ее правильности. Кроме того, открытие такой теории произвело бы революцию в естествознании.

Однако, даже если бы нам действительно удалось открыть единую теорию, это не означало бы, что мы смогли бы предсказывать будущее. На то есть две причины. Во-первых, наше предсказание будет ограничиваться квантомеханическим принципом неопределенности, во-вторых, мы не умеем находить точные решения уравнений, описывающих теорию.

Но, как бы то ни было, полная и непротиворечивая единая теория - это лишь первый шаг к глобальному мышлению. Наша цель - полное понимание всего происходящего вокруг нас и в нас самих. Центральный вопрос современной физики - это объединение квантовой механики с теорией относительности. Если такое объединение станет возможным, появится новая, доселе неизвестная возможность: пространство и время смогут вместе образовать конечное четырехмерное пространство, не имеющее сингулярности и границ, и напоминающее поверхность Земли, но с большим числом измерений. С помощью такого подхода удалось бы, наверное, объяснить многие из наблюдаемых свойств Вселенной, например, ее **однородность в больших масштабах** и одновременно **отклонения от однородности**, наблюдаемые в меньших масштабах, такие, как галактики, звезды и даже человеческие существа.

Все сказанное подводит нас к мысли о том, что **на исходе четвертая глобальная естественно-научная революция**, предопределяемая необходимым, но окончательно еще никем не осуществленным синтезом, доминирующим в макромасштабах общей теории относительности Эйнштейна с выступающими на передний план в микромасштабах квантовыми (дискретными) представлениями о строении материи в единую физическую теорию, объединяющую все четыре фундаментальных взаимодействия - гравитационное, электромагнитное, слабое и сильное.

Каждый из трех великих преобразователей естествознания, каковыми являлись корифеи астрономии и физики - Аристотель, Ньютон и Эйнштейн, не

только завершил свою космологическую или глобальную естественно-научную революцию, но и создал необходимые физические и космологические предпосылки для осуществления последующей глобальной естественно-научной революции.

3. ХИМИЯ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ. ВЕЛИКИЕ ХИМИЧЕСКИЕ ОТКРЫТИЯ

3.1. Взаимосвязь естественных наук. Уровни организации материи

Наши знания о природе накапливаются и развиваются не хаотично, а в строгой последовательности, обусловленной иерархией уровней организации материи. Природа едина по своей сути и деление знаний о ней на отдельные естественные дисциплины, например, химию или физику часто бывает достаточно условным: физические идеи находят свое отражение в объяснении химических процессов, а изучение химических превращений веществ друг в друга приводят физиков к открытию новых физических закономерностей и явлений, например, открытию высокотемпературной сверхпроводимости или открытию солитонов. Это обусловлено, прежде всего, существованием общего для химиков и физиков объекта исследования - вещества. Но есть и существенные различия между этими двумя науками: во-первых, круг объектов исследования физики по сравнению с химией более широк - от микромира до масштабов Вселенной; во-вторых, законы физики более универсальны и применимы к целому ряду природных явлений. Об этом свидетельствует развитие большого количества смежных с ней наук - **физической химии, геофизики, биофизики, астрофизики** и т.д. В этих науках ученые пытаются объяснить химические, биологические и все прочие природные явления и процессы с точки зрения основных физических законов. И действительно, представим себе как бы прекрасно жилось человечеству, если бы весь мир описывался элементарными физическими закономерностями. Но мы знаем как на самом деле не просто устроена единственная самая простая живая клетка с ее уникальной клеточной мембраной, избирательной для разных ионов, с разнообразными клеточными органеллами, безукоризненно обеспечивающими ее жизнедеятельность и с загадочным "мозговым центром" клетки - клеточным ядром, содержащим хромосомы. При этом следует учитывать и тот факт, что каждую секунду в живой клетке все изменяется - происходит обмен веществ и обмен энергией с окружающей средой, меняется цикл жизнедеятельности клетки: она стареет, или напротив, готовится к синтезу белка, взаимодействует с другими клетками и т.д. Совершенно очевидно, что для того, чтобы исследовать такие сложные процессы следует сначала просто описать, удостовериться в их истинности и повторяемости.

Описанием явлений и процессов природы занимаются феноменологические науки (от греч. "феномен" - явление). Целью таких знаний является описание природных явлений на макроскопическом уровне, т.е. на уровне, доступном восприятию органами чувств человека. Однако, современная экспериментальная наука, использующая разнообразные методы исследования и новейшее оборудование: электронные микроскопы ЯМР - томографы, высокоразрешимую спектроскопическую аппаратуру, включая рентгеноспектральную и другие современные методы исследования позволяет значительно углубиться внутрь изучаемого предмета - "спуститься" с макроуровня на микроуровни.

Для того чтобы понять, что скрывается под понятием микроуровни, рассмотрим, например, процесс митотического деления живой клетки с точки зрения различных естественных наук. Каждой из них соответствует свой уровень познания этого явления.

Итак, добро пожаловать в нашу гипотетическую лабораторию, в которой собрались ученые, работающие в различных областях естественных наук над одной и той же проблемой - митозом живой клетки!

“Что происходит с клеткой в данный момент?” - спросите вы у биолога. “Клетка делится на две”, - ответит он. - “При этом происходит разделение хромосом,” - уточнит эмбриолог, изучающим данный процесс при помощи электронного микроскопа. “Хорошо, - говорите вы, а что при этом изменяется на молекулярном уровне в этой самой хромосоме?” - “А вот что”, - спешит вам на помощь молекулярный биолог, который пытается объяснить сложные биологические процессы, прибегая к знаниям о структуре и взаимодействии биологически важных макромолекул, участвующих в процессе деления клетки - ДНК, РНК, белков, липидов и их надмолекулярных комплексов. “Так-так, - думаете вы, если в этом процессе задействованы макромолекулы, то, наверное, они могут вступать в химические взаимодействия друг с другом и с более легкими молекулами, которые их окружают?” - “Конечно!” - тут же соглашается с вами ученый-биохимик, который уже смоделировал часть этого процесса в лабораторной колбе. - “Но ведь все молекулы состоят из атомов!” - вспоминаете вы. - “Вот именно!” - радуется физик и тут же объясняет вам, почему именно эти молекулы взаимодействовали друг с другом. - “Ну, уж нет,” - возмущается математик, - без моей математической модели, которая описывает этот процесс вам не обойтись!” - И тоже будет прав. Так, на простом примере мы убедились в том, что один и тот же феномен природы может быть объяснен с позиций разных естественных наук. Эти позиции не противоречат друг другу, а, напротив, дополняют друг друга, где-то пересекаются друг с другом, создавая полную картину одного события. Как видим, причина для проведения исследования всеми этими разными науками в данном случае одна - это общее для всех само природное событие, явление - митотическое деление живой клетки. Но каково многообразие микроуровней на которых можно исследовать это одно явление с точки зрения современного естествознания!

На этом примере мы также убедились в существовании некой иерархии знаний, когда сложные явления и процессы описываются с точки зрения более простых и знакомых. Вспомните еще раз уже известную вам схему связей физических, химических и биологических наук:

ФИЗИКА ———> ХИМИЯ ———> БИОЛОГИЯ

Но эта связь не является чисто механической, придуманной кем-то схемой, она отражает иерархию организации материи, которая действительно существует в природе:

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ ———> АТОМ ———> МОЛЕКУЛА —>

МАКРОМОЛЕКУЛА ———> НАДМОЛЕКУЛЯРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ —>

ОРГАНЕЛЛЫ КЛЕТКИ ———> ЖИВАЯ КЛЕТКА

3.2. Периодический закон и периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева

В предыдущем параграфе мы установили, что многие химические свойства веществ сегодня можно объяснить, прибегая к законам физики. Однако, так было не всегда. На заре зарождения физики и химии они существовали отдельно. Каждая из них развивалась по своему определенному

пути. Тем более значительными кажутся гениальные открытия, которые способствовали взаимопроникновению наук друг в друга, устанавливали взаимосвязь между физическими и химическими свойствами элементов. Ведущее место среди них, безусловно, занимают периодический закон и периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева. Русский химик Д. И. Менделеев сделал это открытие в 1869 г., совершив революцию в естествознании, т.к. оно не просто устанавливало связь между химическими и физическими свойствами отдельных элементов, но и взаимную связь между всеми химическими элементами. Группы и ряды периодической системы стали надежной основой для выявления семейств родственных элементов.

Первым практическим применением периодического закона было исправление величин валентности и атомных весов некоторых элементов, для которых в то время принимались неверные значения. Это относилось, в частности, к индию, церию, другим редкоземельным элементам: торию, урану.

Основным принципом, по которому Менделеев строил свою таблицу было размещение элементов в порядке возрастания их атомных весов. Основываясь на валентности и химических свойствах элементов, Менделеев расположил все элементы по 8 группам, в каждой из которых размещались элементы со сходными свойствами.

Практически за два года, в результате напряженной творческой работы ученый создал (в основном) ту периодическую систему элементов, которой мы продолжаем пользоваться и до настоящего времени - уже более 100 лет! Он был глубоко убежден в том, что лучшим доказательством правильности основных положений периодического закона является осуществление предсказаний, из него вытекающих. Менделеев, в частности, предполагал существование неизвестных тогда аналогов бора, алюминия и кремния - экабора, экаалюминия и экасилиция. Все предсказанные великим ученым элементы действительно были вскоре открыты химиками. Ими оказались галлий, скандий и германий. Метод Менделеева по предсказанию свойств еще неоткрытых элементов с успехом применялся его последователями и в более поздние годы.

Какова же причина периодических изменений физических и химических свойств элементов? Наука дала ответ на этот непростой вопрос, - она кроется в периодичности строения электронных оболочек атомов.

Как видно из таблицы 1 в начале каждого периода валентные электроны находятся на s-подуровнях соответствующих уровней энергии в атомах. Затем в малых периодах происходит заполнение электронами s и p-подуровней, а в больших периодах также и d-подуровней. В VI и VII периодах, кроме того, наблюдается заполнение f-подуровней. Атомы инертных газов содержат наружные электроны всегда на полностью сформированных s и p-подуровнях. Таким образом, химические элементы одинаковых подгрупп периодической системы характеризуются аналогичным строением электронных оболочек атома.

Одними из наиболее важных свойств атомов, связанных со строением их электронных оболочек, являются эффективные атомные и ионные радиусы. Оказывается, что они также периодически изменяются в зависимости от величины атомного номера элемента. Для элементов одного периода по мере увеличения порядкового номера сначала наблюдается уменьшение атомных радиусов, а затем, к концу периода, их увеличение. Это необычное физическое свойство находит простое объяснение, основанное на знании строения внешней электронной оболочки атомов, принадлежащих одному периоду: все дело в электростатике! Действительно, в начале периода на внешней электронной оболочке атома находится небольшое количество электронов, которые располагаются на относительно больших расстояниях друг от друга -

Таблица 1

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ В АТОМАХ ЭЛЕМЕНТОВ
НАЧАЛА И КОНЦА ПЕРИОДОВ СИСТЕМЫ МЕНДЕЛЕЕВА**

Э л е м е н т	П е р и о д	Н о м е р а т о м а	Число электронов на уровнях и подуровнях энергии в атомах																						
			K			L			M			N				O				P				Q	
			s	s	p	s	p	d	s	p	d	f	s	p	d	f	s	p	d	f	s	p			
H	I	1	1																						
He	I	2	2																						
Li	II	3	2	1																					
Ne	II	10	2	2	6																				
Na	III	11	2	2	6	1																			
Ar	III	18	2	2	6	2	6																		
K	IV	19	2	2	6	2	6		1																
Kr	IV	36	2	2	6	2	6	10	2	6															
Rb	V	37	2	2	6	2	6	10	2	6			1												
Xe	V	54	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6											
Cs	VI	55	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6			1								
Rn	VI	86	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6							
Fr	VII	87	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6			1				

свободного места предостаточно, поэтому основным взаимодействием в этом случае будет притяжение электронов ядром атома, а не электростатическое отталкивание одноименно заряженных электронов. Вот и получается, что при возрастании порядкового номера элемента увеличивается величина заряда ядра и величина общего отрицательного заряда электронной оболочки - значит возрастает и сила Кулоновского притяжения между ядром и электронами - происходит "стягивание" электронной оболочки к центру атома и радиус этого атома уменьшается. По мере же заполнения электронной оболочки все большим количеством электронов, им становится все "теснее и теснее" на одной оболочке и поэтому у элементов, стоящих в конце любого периода таблицы Менделеева, радиусы атомов возрастают - отрицательно заряженные электроны как бы "расталкивают" друг друга, стремясь удалиться друг от друга на максимально возможные расстояния.

Благодаря аналогичным рассуждениям, нашли свое объяснение и другие периодически изменяющиеся физические свойства веществ: плотность, температура плавления, прочность связей электронов в атоме и т.д.

Но самое главное заключалось в том, что таблица Менделеева не просто давала объяснение физическим свойствам элементов, а ставила им в соответствие и их химические свойства. Основным постулатом таблицы являлось то, что валентность химического элемента определяется числом электронов на внешней электронной оболочке (поэтому эти электроны так и

называются - валентные электроны). Важная роль периодического закона заключается именно в том, что в нем устанавливается связь между строением атомов и влиянием этого строения на физические и химические свойства элементов.

Великие открытия приводят к великим последствиям: благодаря периодическому закону были сначала теоретически предсказаны, а затем и открыты и исследованы множества химических элементов и веществ, появилась возможность моделирования химических процессов - закон лег в основу теоретической химии.

В 1872 г. Д.И. Менделеев писал: "Основной задачей современной химии является установление зависимости состава, реакций и свойств простых и сложных тел от основных свойств входящих в их состав элементов, чтобы на основании известного характера данного элемента можно было заключить о неизвестном еще составе и свойствах его соединений". С тех пор минуло больше ста лет. На вооружении современных химиков для успешного решения этой задачи - ЭВМ с новейшими пакетами программ, рассчитывающих разнообразные свойства химических элементов и веществ на основе квантовой химии, работающих с огромными массивами данных. И как во времена Менделеева, результаты подобных теоретических исследований приводят к развитию синтеза сложных химических соединений, в том числе, органического синтеза. Задача, поставленная ученым в прошлом веке, по-прежнему остается актуальной и в наши дни.

3.3. Основная проблема химии как науки

Д. И. Менделеев называл химию "наукой о химических элементах и их соединениях". В одних учебниках химию определяют как "науку о веществах и их превращениях", в других - как "науку, изучающую процессы качественного превращения веществ" и т.д. Все эти определения по своему хороши, но они не учитывают тот факт, что **химия является не просто суммой знаний о веществах, а упорядоченной, постоянно развивающейся системой знаний**, имеющей определенное социальное назначение и свое место в ряду других наук.

Химия как наука с момента своего зарождения ставила перед собой весьма практические цели и с тех пор она всегда была нужна человечеству для того, чтобы получать из природных веществ по возможности все необходимые металлы и керамику, известь и цемент, стекло и бетон, красители и лекарства, взрывчатые вещества и горючесмазочные материалы, каучук и пластмассы, химические волокна и материалы для электроники с заданными свойствами. Поэтому все химические знания, которые были приобретены в течение многих веков подчинены единственной **главной задаче химии - задаче получения веществ с необходимыми свойствами**. "Но это, - скажете вы, - задача вовсе и ненаучная, а скорее производственная". Да, действительно, химия как никакая другая естественная наука, тесно связана с производством новых веществ. Вспомним о самых первых попытках средневековых химиков (вернее алхимиков) добыть драгоценные металлы из доступных природных соединений. Эти попытки были безуспешными, но зато сколько новых простых и сложных химических веществ было попутно открыто! Практическая задача - получение золота и платины стимулировала поиск новых веществ, их синтез и, трансформировавшись, расширяла горизонты представлений о многообразии веществ, существующих в мире. Исследование же химических и физических свойств искусственно синтезируемых веществ ставили перед учеными уже вполне научную задачу - от каких факторов зависят свойства получаемых веществ и возможно ли заранее предугадать свойства этих соединений.

Итак, **основная двуединая проблема химии** - это :

1. Получение веществ с заданными свойствами - производственная задача.
2. Выявление способов управления свойствами вещества - задача научного исследования.

Существует только четыре способа решения этой проблемы, которые связаны прежде всего с наличием всего четырех основных природных факторов, от которых зависят свойства получаемых веществ :

Основные природные факторы, влияющие на свойства получаемых веществ:

1. Состав вещества (элементарный, молекулярный).
2. Структура молекул.
3. Термодинамические и кинетические условия химической реакции, в процессе которой это вещество получается.
4. Уровень организации вещества.

3.4. Уровни развития химических знаний

Вся история развития химии является закономерным процессом смены способов решения ее основной проблемы. По мере развития науки изменялись представления об организации материи, составе веществ, структуре молекул, были получены новые данные о самих химических процессах, что, конечно же, в корне изменяло и способы синтеза новых соединений, и методы исследования их свойств. Давайте вкратце вспомним историю химии!

3.4.1. Развитие химии до начала XVII в. Натурфилософия и ремесленная химия

История химии до XVII в. - это многочисленные бесплодные попытки решения вопроса о происхождении свойств веществ на протяжении многих сотен лет. За это время было предложено два принципиально разных объяснения происхождения свойств тел. Демокрит (ок. 470-380 до н.э.), Эпикур (341-270 до н.э.) и другие представители **атомистической натурфилософии** высказывали гениальные догадки о том, что все тела состоят из атомов различной величины и разной формы, чем и объясняется их качественное различие. Аристотель (384-322 до н.э.) и Эмпедокл (490-430 до н.э.) объясняли все видимое разнообразие тел с **антиатомистических позиций** - посредством сочетания в теле различных элементов: стихий или элементов; свойств: тепла и холода, сухости и влажности и т.д. Но согласитесь, что в то время ни один из этих способов, - ни атомистический, ни антиатомистический - не решали главной задачи химии - получение новых веществ с заданными свойствами! В этот период истории **натурфилософия**, которая представляла собой вместилище всевозможных идей и догадок, и практическая, так называемая **ремесленная химия**, существовали раздельно.

3.4.2. Первый этап развития химии - XVII в. Учение о составе веществ

Действенный способ решения проблемы **происхождения** свойств вещества появился во второй половине XVII в. в работах английского ученого Р. Бойля. Исследования Р. Бойля показали, что качества и свойства тел не имеют абсолютного характера и зависят от того, из каких материальных элементов эти тела составлены. Такой подход оказался принципиально новым, он как бы позволил примирить два существующих натурфилософских

представления - атомизм Демокрита и элементаризм Аристотеля. Да, действительно, наименьшими субстанциями вещества являются неделимые, неосязаемые при помощи органов чувств мельчайшие частички - *minima naturalia*, отличающиеся друг от друга определенными физическими свойствами, например, формой. Эти частички могут связываться друг с другом, образуя более крупные частицы, которые Р. Бойль назвал кластерами. Связь маленьких частичек в кластерах достаточно прочная и поэтому такие кластеры сами являются как бы невидимыми человеческому глазу кирпичиками для построения реального физического тела. В зависимости от объема и формы кластеров, от того находятся ли кластеры в движении или покоятся зависят и свойства самих природных тел - причем форма получающихся тел вовсе не должна повторять форму самих кластеров.

Не напоминает ли все это уже, вероятно, известный вам сюжет из любого современного учебника химии: измените только название "*minima naturalia*" на "атом" или "химический элемент", а "кластер" на "молекулу" и все сразу встанет на свои места! Но будем помнить кому мы обязаны наиважнейшим открытием о происхождении веществ и тем самым способствовавшим решению основной проблемы химии посредством установления взаимосвязи:

СОСТАВ ВЕЩЕСТВА —————> СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВА

Этот способ положил начало учению о составе веществ, которое явилось **первым уровнем научных химических знаний**. Вплоть до первой половины XIX в. учение о составе веществ представляло собой всю тогдашнюю химию.

3.4.3. Второй этап развития химии как науки - XIX в. Структурная химия

В 1820 - 1830 гг. мануфактурная стадия производства с ее ручной техникой сменилась фабричной стадией. На производстве появились новые машины, возникла потребность в поиске новых сырьевых материалов для использования в промышленности. В химическом производстве стала преобладать переработка огромных масс веществ растительного и животного происхождения, качественное разнообразие которых было потрясюще велико, а состав однообразен: углерод, водород, кислород, сера, азот, фосфор. "Значит, свойства веществ, - сделали вывод химики, - определяется не одним только составом!" Появилось на свет еще и такое понятие как структура вещества. Если знание состава вещества отвечает на вопрос о том, из каких химических элементов состоит молекула данного вещества, то знание структуры вещества дает представление о пространственном расположении атомов в этой самой молекуле. Вы, конечно, помните, как в детстве собирали разные приятные вещички, используя стандартный набор из отдельных деталей, входящих в состав детского конструктора. Набор деталей не изменялся, но каждый раз вы по-разному соединяли их друг с другом и каждый раз получали что-то совершенно новое! Вы сами того не подозревая, изменяли структуру, сохраняя неизменным состав.

Аналогично химики выяснили, что свойства веществ, а значит и их качественное разнообразие обуславливается не только их составом, но и структурой молекул.

Можно себе представить насколько большими и сложными оказывались порой эти органические молекулы и как непросто было понять какие из входящих в их состав атомы принимают участие в конкретной химической реакции. Вместе с тем стало ясно, что не все атомы, входящие в состав молекулы данного вещества одинаково хорошо вступают во взаимодействие с атомами других

молекул, - оказывается каждую молекулу можно условно подразделить на несколько так называемых функциональных или реактивных блоков, в которые входят группы атомов, просто отдельные атомы или даже отдельные химические связи. Каждая из таких структур обладает своей уникальной способностью вступать в химические реакции, т.е. своей **реакционной способностью**. Вернувшись к примеру с детским конструктором, вспомним, что мы тоже были способны, рассматривая свое “творение”, находить в разных его частях детали, имеющие одинаковое предназначение или несущие одну и ту же функцию: колеса - чтобы ездить, окошки - чтобы смотреть, пластмассовые уголки - чтобы скреплять детали друг с другом и т.д.

Таким образом, познание структуры молекул перевело химию на второй уровень развития химических знаний и способствовало превращению химии из преимущественно аналитической науки в науку **синтетическую**. Возникла **технология органических веществ**, которой ранее не было.

Второй уровень развития химических знаний получил условное название структурная химия.

Главным достижением этого этапа можно было назвать установление связи между структурой молекулы и функциональной активностью соединения:

СТРУКТУРА МОЛЕКУЛЫ ———> ФУНКЦИЯ (РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ)

3.4.4. Третий этап развития химии как науки - первая половина XX в. Учение о химических процессах

Интенсивное развитие автомобильной промышленности, авиации, энергетики и приборостроения в начале нашего века требовало качественного топлива для работы моторов. Специальные высокопрочные каучуки для шин автомобилей, пластмассы для облегчения их веса, всевозможные полимеры и полупроводники, - все это было необходимо получать в больших количествах, но, увы, развитие химических навыков не соответствовало запросам производства! Дело в том, что сама по себе химическая реакция - вещь достаточно капризная. Недаром еще английский химик **П. Шой** сравнивал химию с “искусством, суть которого заключена в действии, а цель - в пользе”. Действительно, успех синтеза того или иного соединения часто зависел от каких-то непредсказуемых обстоятельств. Этот факт не устраивал производителей! Ведь чем производство отличается от науки? Прежде всего, масштабом: ученый может получить какое-нибудь соединение в малых количествах, исследовать его свойства, опубликовать свой труд и быть несказанно гордым этим обстоятельством. В иных условиях находится химик на производстве: перед ним стоит задача получения, предположим, одного-единственного соединения с известным составом и свойствами, но в больших количествах, с необходимостью тратить на его производство как можно меньше сырья, энергии и времени. Плюс ко всему сказанному на выходе из химического реактора - строгий контроль свойств полученного соединения. Требования достаточно жесткие, если иметь ввиду, что “ключик” к управлению многими нужными в то время химическими реакциями отсутствовал - одних лишь знаний о составе и структуре веществ для проведения химической реакции часто было недостаточно: вроде бы и нужное количество веществ, и в нужном соотношении брали химики для проведения требуемой химической реакции, а она не идет - не желают вещества вступать друг с другом в химическое взаимодействие, а если и вступают, то выход реакции крайне низкий - нового соединения получается совсем немного! Какое уж тут производство, если оставалось непонятным, когда и при каких обстоятельствах вещества реагируют друг с другом и какие факторы влияют на этот “неуправляемый” химический

процесс?! Поэтому благодаря развитию техники и именно в это время химия становится наукой уже не только и не столько о веществах, сколько наукой о процессах и механизмах изменения веществ.

Благодаря тому, что химики научились управлять химическими процессами, стала бурно развиваться химическая промышленность, в больших количествах стали производиться синтетические материалы, заменяющие дерево и металл, растительные масла. На основе переработки нефти возникло производство искусственных волокон, этилового спирта, каучуков, всевозможных растворителей; азот воздуха научились превращать в минеральные удобрения. Химические изделия прочно вошли и в дома людей - искусственные ткани и кожа стали вытеснять натуральные, мыло "уступило место" стиральным порошкам и шампуням, а пластмассовые штампованные изделия стали дешевыми и доступными любой семье. Быстрыми темпами стала развиваться и фармацевтика - промышленность по производству лекарственных препаратов.

Итак, **третий способ** решения основной проблемы, учитывающий всю сложность организации химических процессов и обеспечивший экономически приемлемую производительность этих процессов в химических реакторах, может быть представлен схемой:

ОРГАНИЗАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО ———> ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ
ПРОЦЕССА В РЕАКТОРЕ РЕАКТОРА

3.4.5. Четвертый этап развития химии как науки - вторая половина XX в. Эволюционная химия

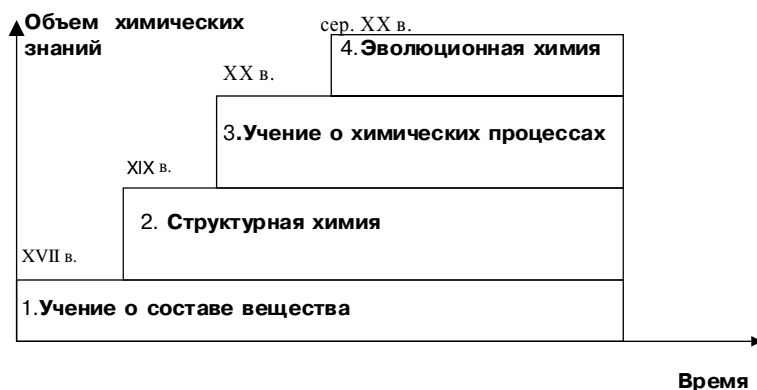
В 1960 - 1979 г. г. появился новый способ решения основной проблемы химии, который получил название эволюционная химия. В основе этого способа лежит принцип использования в процессах получения химических продуктов таких условий, которые приводят к самосовершенствованию катализаторов химических реакций, т.е. к самоорганизации химических систем. Термин самоорганизация вам, вероятно, знаком, - он означает способность самостоятельного упорядочения какой-нибудь системы, состоящей из хаотического множества несвязанных между собой элементов. Такой процесс развивается во времени и не зависит от внешних условий. Время выступает здесь как один из самых весомых факторов, поэтому и говорят об эволюции системы, т.е. о том, что произойдет с системой с течением времени. А что происходит с обычной физической системой с течением времени, если поток энергии извне отсутствует? Ну, конечно же, все медленно разрушается! Попробуйте-ка прожить в своем доме в течение хотя бы 10 лет без ремонта! Вряд ли вы смиритесь с таким обстоятельством и скорее всего замените все вышедшие из строя вещи на новые, переклеите обои, перекрасите полы. А теперь представьте себе, что бы было, если бы вы не проявили инициативы и не внесли бы в систему "ваш дом" энергию по восстановлению его внешнего облика. Может быть дом сам по себе отремонтировался? Увы, ответ очевиден - чуда бы не произошло! Для самоорганизации необходимы как дополнительная энергия, так и способность системы к этой самоорганизации - ведь сваленные в кучу материалы для ремонта квартиры - далеко не ее ремонт, нужны действующие лица, которые этот ремонт осуществят. В наших рассуждениях мы слишком много времени уделили этому действующему "живому лицу", и не зря - именно наблюдая за химическими процессами, происходящими в живых клетках, химики обнаружили способность биологических систем к самоорганизации, развитию, совершенствованию, чего нет в неживой природе. Химический реактор на уровне эволюционной химии предстает как некое подобие живой системы, для которой характерны саморазвитие и определенное поведение.

Таким образом, **четвертый этап развития химии**, который продолжается и до настоящего времени, **устанавливает связь самоорганизации системы реагентов с поведением этой системы**:

САМООРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ РЕАГЕНТОВ —————> ПОВЕДЕНИЕ СИСТЕМЫ РЕАГЕНТОВ

3.4.6. Система Химии

Итак, последовательное появление сначала первого, затем второго, третьего и, наконец, четвертого способов решения основной проблемы химии приводит к последовательному появлению и сосуществованию четырех уровней развития химических знаний, или, как принято теперь их называть, четырех **концептуальных систем**, находящихся в отношениях иерархии, т. е. субординации. В системе всей химии они являются подсистемами так же как сама химия представляет собой подсистему всего Естествознания в целом. Концептуальные системы химии можно представить наглядно в виде схемы:



В развитии химии происходит не смена, а строго закономерное, последовательное появление концептуальных систем. При этом каждая вновь появляющаяся система не отрицает предыдущую, а, наоборот, опирается на нее и включает в себя в преобразованном виде. Таким образом, подводя некоторые итоги, можно дать определение Системы химии. **Система химии** - единая целостность всех химических знаний, которые появляются и существуют не отдельно друг от друга, а в тесной взаимосвязи, дополняют друг друга и объединяются в концептуальные системы химических знаний, которые находятся между собой в отношениях иерархии. Существование всего четырех способов решения основной проблемы химии нашло свое отражение в делении Системы химии на четыре подсистемы.

Важность представлений о Системе химии лучше всего охарактеризовал ученый, который начинал создавать эту Систему – Д. И. Менделеев: "...Необходимы систематические обобщения, т. е. классификация, разделение общего; потом нужны законы, ... гипотезы и теории... Если еще нет этих обобщений, знание еще не наука, не сила, а рабство перед изучаемым". Менделеев считал, что нет науки в частностях; она - в общем, в слиянии частных, в создании системы знаний. Именно такой подход позволил ученому создать свою знаменитую Периодическую Систему химических элементов и

разработать в 1860 - 1870 гг. новый план “здания химии”, которое в то время состояло лишь из одного “этажа” - из учения о составе веществ.

3.5. Учение о составе вещества. Проблемы их решения

На каждом из четырех исторических этапов “добычи” химических знаний возникали свои задачи, которые требовали решения. Методы и способы их решения не всегда были гладкими и достоверными. Пути исследования ученых часто были запутаны и не просты, чем-то напоминали лабиринт, в котором можно легко заблудиться. Сколько было выдвинуто химиками ложных гипотез, которые в дальнейшем были опровергнуты! Природа не торопилась раскрывать свои тайны, ставя исследователей в тупик на каждом историческом этапе ее познания.

Рассмотрим основные проблемы, стоявшие перед учеными на самом первом этапе - этапе **изучения состава вещества**:

1. Проблема химического элемента.
2. Проблема химического соединения.
3. Проблема создания новых материалов, в состав которых входят вновь открываемые химические элементы.

3.5.1. Решение проблемы химического элемента

Исторические корни решения этой проблемы уходят в глубокую древность. В Древней Греции возникают первые атомистические теории о строении мира и в противовес им - представления об элементах; свойствах и элементах, - качествах, подхваченных позже ложными учениями алхимиков. Как мы уже знаем, именно **Р.Бойль** положил начало современному представлению о химическом элементе как о “простом” теле или как о пределе химического разложения вещества. Казалось, что теперь химия превратилась в настоящую науку, положив конец всем алхимическим заблуждениям, но, увы, радость химиков была преждевременной! Дальше их ждали ошибки.

Дело в том, что химики, стремясь получить “простые вещества”, пользовались при этом самым распространенным в то время методом - прокаливанием “сложных веществ”. Прокаливание же приводило к окалине, которую и принимали за новый элемент. Соответственно, металлы - железо, например, принимали за сложные тела, состоящие из соответствующего элемента и универсального “невесомого тела” - **флогистона** (флогистос - греч. зажатый).

Теория флогистона (ложная по своей сути) была первой научной химической теорией и послужила толчком к множеству исследований. В 1680-1760 гг. появились точные количественные методы анализа вещества, а они, в свою очередь, способствовали открытию истинных химических элементов. В это время были открыты фосфор, кобальт, никель, водород, фтор, азот, хлор и марганец.

В 1772-1776 гг. одновременно в Швеции, Англии и Франции был открыт кислород! Во Франции его первооткрывателем был замечательный химик **А.Л. Лавуазье** (1743-1794 гг.). Он установил роль кислорода в образовании кислот, оксидов и воды, опроверг теорию флогистона и создал принципиально новую теорию химии. Это была настоящая революция в химии! Ему принадлежала также первая попытка систематизации химических элементов, которая в дальнейшем была исправлена Д. И. Менделеевым. Мы знаем, что успехи в области квантовой физики помогли затем установить сложную структуру атома всех известных химических элементов, - об этом подробно изложено в любом современном учебнике химии: атом представляет собой

единую квантово-механическую систему, состоящую из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженной электронной оболочки. А под термином химический элемент “прячутся” все атомы, имеющие одинаковый заряд ядра (но иногда отличающиеся величиной атомной массы, известные всем как изотопы). Теперь трудно себе представить, что всего лишь два столетия назад эта проблема была одной из самых загадочных и сложных для понимания! Но было бы неправильным считать, что она исчерпала себя полностью в наши дни. До сих пор остается не до конца решенным вопрос: сколько же всего химических элементов существует на свете? Известно имя самого последнего, открытого в настоящее время элемента №109 - **мейтнерий**, который существует всего лишь тысячные доли секунды. Можно себе представить как нелегко ученым исследовать свойства такого неустойчивого элемента! А сколько новых элементов еще ждут своего открытия!

3.5.2. Решение проблемы химического соединения

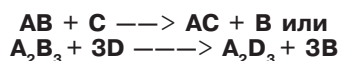
Закон постоянства состава вещества Ж. Пруста

Мир помнит о вкладе Лавуазье в решение проблемы о химических элементах, но он помнит и о работах другого прекрасного французского химика **Ж. Пруста**, который в 1801-1808 гг. установил **закон постоянства состава**, согласно которому любое индивидуальное химическое соединение обладает строго определенным, неизменным составом - прочным притяжением составных частей (атомов) и тем самым отличается от смесей.

ЗАКОН ПОСТОЯНСТВА СОСТАВА ПРУСТА (1801-1808 гг.). Всякое чистое вещество независимо от его происхождения и способа получения имеет один и тот же состав.

Закон кратных отношений Дж. Дальтона

Теоретическое обоснование закона Пруста было дано англичанином **Дж. Дальтоном**, являющимся автором другого основополагающего закона в учении о составе веществ - закона кратных отношений. Он показал, что все вещества состоят из молекул, а все молекулы, в свою очередь, - из атомов, и что состав любого вещества можно представить себе как простую формулу типа AB , AB_2 , A_2B_3 и т.д., где символы A и B обозначают названия двух атомов, из которых состоит молекула. Согласно этому закону эквивалентов “составные части молекулы” - атомы A и B могут замещаться на другие атомы - C и D , например, согласно реакциям:



Итак, дадим точную формулировку закону кратных отношений.

ЗАКОН КРАТНЫХ ОТНОШЕНИЙ ДАЛЬТОНА (1803 г.): Если определенное количество одного элемента вступает в соединение с другим элементом в нескольких весовых отношениях, то количества второго элемента относятся между собой как целые числа.

Состав химического соединения может быть только постоянным. В дальнейшем благодаря трудам **Н.Я. Берцелиуса**, **Д.Л. Гей - Люссака**, **Ю. Либиха** и других ученых закон постоянства состава вещества был окончательно утвержден и стал одним из основополагающих законов химии.

Закон А. Авогадро о постоянстве количества молекул в данном объеме

Молекулярная теория строения вещества позволила по-новому взглянуть на процессы, происходящие в газовой фазе и дала начало новой науке, стоящей на стыке химии и физики - **молекулярной физике**. Настоящей сенсацией стало открытие **закона Авогадро** в 1811г. Итальянский ученый **Амадео Авогадро** (1776-1856 гг.) установил, что при одинаковых физических условиях (давлении и температуре) равные объемы различных газов содержат равное число молекул. Другими словами, это означает, что **грамм-молекула** любого газа при одинаковой температуре и давлении занимает один и тот же объем. Он даже смог рассчитать этот объем для стандартных физических условий. При давлении 760 мм рт. столба и при температуре 0° С он был равен 22,4 л, точнее 22, 414 л. В этом объеме при названных условиях находится $6,023 \cdot 10^{23}$ молекул газообразного вещества (**число Авогадро**).

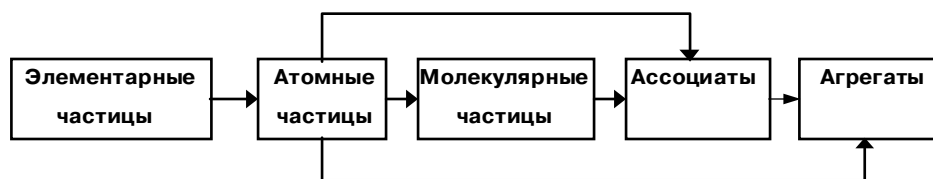
Однако, развитие химии и изучение все большего числа соединений приводили химиков к мысли, что наряду с веществами, имеющими определенный состав, существуют еще и соединения переменного состава - и это явилось причиной пересмотра представлений о молекуле в целом. Молекулой, как и прежде, продолжали называть наименьшую частичку вещества, способную определять его свойства и существовать самостоятельно, но теперь к молекулам стали относить и такие необычные квантово-механические системы, такие как ионные, атомные и металлические **монокристаллы**, а также **полимеры**, образованные за счет водородных связей. В результате применения физических методов исследования вещества стало ясно, что свойства реального тела определяются не столько тем, постоянен или не постоянен состав химического соединения, а скорее физической природой химизма, т.е. природой тех сил, которые заставляют несколько атомов объединяться в одну молекулу.

Поэтому теперь под химическим соединением понимают определенное вещество, состоящее из одного или нескольких химических элементов, атомы которых за счет взаимодействия друг с другом объединены в частицу, обладающую устойчивой структурой - молекулу, комплекс, монокристалл или иной агрегат. Это более широкое понятие, чем понятие "сложное вещество". Действительно, ведь всем известны химические соединения, состоящие не из разных, а из одинаковых элементов. Это молекулы водорода, кислорода, хлора, графита, алмаза и т.д.

Особое положение в ряду молекулярных частиц занимают **макромолекулы полимеров**. Они содержат большое число повторяющихся, химически связанных друг с другом в единое целое структурных единиц - **фрагментов мономерных молекул**, обладающих одинаковыми химическими свойствами.

Дальнейшее усложнение химической организации материи идет по пути образования более сложной совокупности взаимодействующих атомных и молекулярных частиц, так называемых **молекулярных ассоциатов и**

СХЕМА УСЛОЖНЕНИЯ ЧАСТИЦ ВЕЩЕСТВА



Современный Гуманитарный Университет

агрегатов, а также их комбинаций. При образовании агрегатов изменяется фазовое состояние системы, чего не происходит при образовании ассоциатов. Напомним, что **фазовое состояние** - это основное физическое состояние, в котором может существовать любое вещество (газ, жидкость, твердое тело).

3.5.3. Проблема создания новых материалов

Природа щедро “разбросала” свои материальные ресурсы по всей планете. Но вот какую странную закономерность обнаружили ученые оказывается, чаще всего в своей деятельности человек использует те вещества, запасы которых в природе ограничены!

Поэтому в настоящее время перед учеными-химиками стоят три задачи:

1. Приведение в соответствие практики использования химических элементов в производстве с их реальными ресурсами в природе.
2. Последовательная замена металлов различными видами керамики.
3. Расширение производства элементоорганических соединений на базе органического синтеза.

Предлагается сосредоточить внимание на увеличении использования на производстве таких элементов как алюминий, магний, кальций, кремний. В природе эти элементы встречаются довольно часто и их добыча не составляет особого труда. Кроме того, использование этих веществ, составленных из **наиболее часто встречающихся природных элементов** приведет к меньшему загрязнению окружающей среды отходами, - проблеме, так остро ощущаемой всеми в настоящее время. Ведь от ее решения будет зависеть судьба нашей планеты!

Возросшая необходимость **замены металлов керамикой** вызвана тем, что производство керамики легче и экономически выгоднее и, кроме того, на некоторых производствах она просто не может быть заменена металлами. Химики научились получать огнеупорную, термостойкую, химически стойкую, высокопрочную керамику, а также керамику для электротехники. В последнее время было обнаружено удивительное свойство некоторых керамических изделий обладать высокотемпературной сверхпроводимостью, т.е. сверхпроводимостью при температурах выше температуры кипения азота. Открытию этого уникального физического свойства способствовали работы химиков по созданию новой керамики на основе комплексов с барием, лантаном и медью, взятых в едином комплексе.

Элементоорганические соединения - это соединения, в состав которых входят как органические элементы (углерод, водород, сера, азот, кислород), так и производные ряда других химических элементов: кремния, фтора, магния, кальция, цинка, натрия, лития и т.д. Химия элементоорганических материалов с применением кремния (кремнийорганическая химия) лежит в основе создания производства многих полимеров, обладающих ценными свойствами и незаменимых в авиации и энергетике. А фторорганические соединения обладают исключительной устойчивостью (даже в кислотах и щелочах) особой поверхностной активностью и поэтому могут переносить, например, кислород как молекула гемоглобина! Фторорганические соединения активно используются в медицине для создания всевозможных покрытий и т.д.

Решение практических задач, стоящих перед химиками в настоящее время сопряжено с синтезом новых веществ и анализом их химического состава. Поэтому как и много лет тому назад **проблема состава веществ остается в химии по-прежнему актуальной.**

3.6. Структурная химия. Проблемы и решения

3.6.1. Эволюция понятия “структура” в химии

Согласно теории, выдвинутой **Дж. Дальтоном**, любое химическое вещество представляет собой совокупность молекул, обладающих строго определенным качественным и количественным составом, т. е. состоящих из определенного количества атомов одного, двух или трех химических элементов. Теория строения вещества Дж. Дальтона отвечала на вопрос: как можно отличить индивидуальное вещество от смесей веществ, но она не давала ответа на множество других вопросов: каким образом объединяются атомы в молекулу, существует ли какая-то упорядоченность в расположении атомов в молекуле или они объединены как попало, случайно?

На эти вопросы попытался дать ответ шведский химик **И.Я. Берцелиус**, живший в первой половине XIX в. Он предложил новую модель атома в виде электрического диполя. И.Я. Берцелиус на основании определения данного им процентного состава многих веществ и поиска элементарных стехиометрических закономерностей, а также изучения разложения сложных веществ в растворе под действием электрического тока, задался вопросом: что влияет на знак и величину электрического заряда конкретного вещества?

Почему существуют электроположительные и электроотрицательные вещества? В чем различие в строении молекул кислоты и щелочи или щелочи и нейтральной соли? Чтобы ответить на эти вопросы, И.Я. Берцелиус выдвинул гипотезу, согласно которой все атомы разных химических элементов обладают различной электроотрицательностью и расположил их в своеобразный ряд по мере увеличения этой самой электроотрицательности. Итак, И. Я. Берцелиус полагал, что молекула представляет собой не простое нагромождение атомов, а определенную упорядоченную структуру атомов, связанных между собой электростатическими силами.

В 1840 г. в работах французского ученого **Ш. Жерара** было показано, что структуры И. Я. Берцелиуса справедливы не во всех случаях: есть масса веществ, молекулы которых невозможно разложить на отдельные атомы под действием электрического тока, они представляют как бы единую целую систему и именно такую неделимую систему взаимосвязанных друг с другом атомов Ш. Жерар и предлагал называть молекулой. Он разработал теорию типов органических соединений.

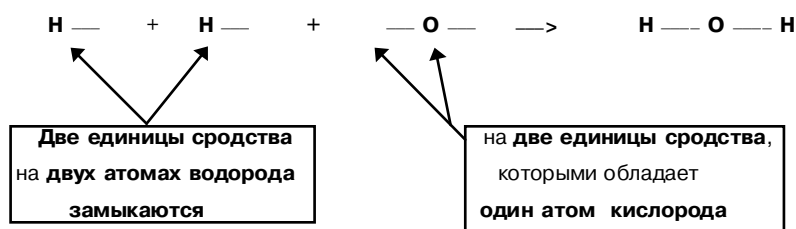
Однако, оставался открытым вопрос: какие же силы заставляют связываться атомы в эти самые молекулы? Теория не давала ответа на этот вопрос, как и не давала конкретных указаний, касающихся синтеза новых веществ. Многие, связанное со структурой молекул оставалось непонятным и загадочным.

В 1857 г. немецкий химик **А. Кекуле** обнародовал свои наблюдения о свойствах отдельных элементов, которые могут замещать атомы водорода в ряде соединений. Он пришел к выводу о том, что некоторые из них могут замещать три атома водорода, другие же - только два или даже один. А.Кекуле также установил, что “один атом углерода ... эквивалентен четырем атомам водорода”. Это были основополагающие положения теории валентности веществ.

А. Кекуле ввел в обиход новый химический термин **сродство**, который и обозначал количество атомов водорода, которое может заместить данный химический элемент. Он приписал всем элементам соответственно три, две или одну единицу сродства. Углерод же находился при этом в необычном положении - его атом обладал четырьмя единицами сродства. Число единиц сродства, присущее данному химическому элементу ученый назвал валентностью атома.

При объединении атомов в молекулу происходит замыкание свободных единиц сродства. Например:

Два атома водорода + один атом кислорода образуют одну молекулу воды :



Понятие **структура молекулы** с легкой руки А. Кекуле свелось к построению наглядных формульных схем, которые служили химикам руководством в их практической работе, конкретным указанием на то, какие исходные вещества следует брать для того, чтобы получить необходимый химический продукт.

Схемы А. Кекуле, однако, не всегда можно было осуществить на практике: хорошо продуманная (или придуманная) реакция не хотела протекать согласно красивой схеме! Это происходило потому, что формульный схематизм не учитывал реакционную способность веществ, вступающих в химическое взаимодействие друг с другом.

Ответы на волнующие практических химиков вопросы дала теория химического строения русского ученого **А. М. Бутлерова**. Бутлеров так же как и Кекуле признавал, что образование молекул из атомов происходит за счет замыкания свободных единиц сродства, но одновременно с этим он указывал на важность того, с каким "напряжением, большей или меньшей энергией (это сродство) связывает вещества между собой". Другими словами, А. М. Бутлеров впервые в истории химии обратил внимание на энергетическую неравноценность разных химических связей таких как, например, одинарной С-С, двойной С=С или тройной С≡С химических связей в органических соединениях. Его теория указала на причины активности одних веществ и пассивности других. Она также указывала на наличие активных центров и активных группировок в структуре молекул.

Теория А. М. Бутлерова стала для химиков руководством в их практической деятельности. Позже она нашла свое подтверждение и физическое обоснование в квантовой механике. В настоящее время понятие "химическая связь" стало более широким. Теперь под **химической связью** понимается такой вид взаимодействия не просто между отдельными атомами, а иногда и между атомно-молекулярными частицами, который обусловлен совместным использованием их электронов. При этом имеется в виду, что такое обобществление электронов взаимодействующими частицами может изменяться в широких пределах. Существуют ковалентная, полярная, ионно-ковалентная и ионные связи. Тип связи определяется характером физического взаимодействия атомно-молекулярных частиц друг с другом.

Под **валентностью атомных частиц** понимается их свойство вступать в химическое взаимодействие, количественной мерой которого является суммарное число неспаренных электронов, неподеленных электронных пар и вакантных орбиталей, участвующих в образовании химических связей.

Валентность атомной частички не является постоянной величиной и может изменяться от единицы до некоторого максимального значения в

зависимости от природы частиц-партнеров и условий образования химического соединения.

Под понятием **структура** понимают устойчивую упорядоченность качественно неизменной системы.

В первом приближении под **атомной структурой** следует понимать устойчивую совокупность ядра и окружающих его электронов, находящихся в электромагнитном взаимодействии друг с другом.

Под **молекулярной структурой** понимают сочетание ограниченного числа атомов, имеющих закономерное расположение в пространстве и связанных друг с другом химической связью с помощью валентных электронов. Молекулярную структуру подразделяют на атомную (геометрическую) и электронную:



3.6.2. Период триумфального шествия органического синтеза

Благодаря развитию структурных представлений в 1860-1880 гг. в химии появился термин **органический синтез**, обозначавший не только действия по получению новых органических веществ, но и целую область науки, названную так в противоположность всеобщему увлечению анализом природных веществ. В эти годы были впервые синтезированы анилиновые красители, взрывчатые вещества, многие лекарства. Этот период в химии был назван **триумфальным шествием органического синтеза**.

Но возможности химиков были не безграничны, часто химические реакции имели очень низкий выход нужных продуктов и большие отходы побочных продуктов. В качестве сырья химики часто использовали дефицитные реагенты или же продукты питания - зерно, жиры, молочные продукты. Это было экономически невыгодно! Кроме того, в то время управлять многостадийным органическим синтезом на производстве химики не умели. Все эти причины тормозили развитие органического синтеза.

3.7. Учение о химических процессах. Проблемы и решения

3.7.1. Методы управления химическим процессом

Учение о химических процессах - это такая область науки, в которой существует наиболее глубокое взаимопроникновение физики, химии и биологии. В основе этого учения находятся **химическая термодинамика и кинетика**, поэтому все это учение о химических процессах в равной степени относится как к химии, так и к физике. Основоположник этого учения лауреат Нобелевской премии Н.Н. Семенов говорил о том, что "химический процесс

есть то основное явление, которое отличает химию от физики, делает первую более сложной наукой.” И действительно, химические процессы являются как бы первой ступенькой при восхождении от таких относительно “простых” понятий как электрон, протон, атом к сложным, многоуровневым живым системам. В этом смысле химия является как бы мостиком, перекинутым от пунктуальной царицы наук, имеющей на все свое объяснение, от ее Величества Физики к многогранной, динамичной, имеющей многоуровневую организацию Красавице Биологии. Физика, объясняя химические процессы на своем языке, по сути закладывает научный фундамент и для биологии, так как в основе жизнедеятельности любого живого организма лежат биохимические процессы.

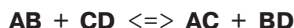
Существует большое количество решаемых проблем в связи с созданием учения о химических процессах. Подробное их описание можно найти в любом современном учебнике по физической химии. Но, пожалуй, одной из самых основных проблем являлась задача создания методов, позволяющих управлять химическими процессами. Действительно, если бы эта задача была бы полностью решена, можно себе представить как прекрасно жилось бы химикам на производстве, - все заранее известно: бери вещества в нужном соотношении, создавай соответствующие физические условия в химическом реакторе (температуру, давление и т.п.) и жди высоких результатов выхода химического продукта. Но на самом деле задача эта достаточно сложная большинство химических реакций - “строптивые кони”, они находятся во власти стихии. Вспомните, например, реакцию взрыва или горения, которые так сложно остановить! Но существуют и такие реакции, которые просто не хотят “идти” сами по себе и химикам приходится стимулировать их осуществление.

Какими же методами пользуются химики для того, чтобы управлять химическим процессом? В самом общем виде все методы управления можно подразделить на две большие группы: термодинамические и кинетические. Первая группа - **термодинамические методы** - это методы, влияющие на смещение химического равновесия реакции; вторая группа - **кинетические методы** - это методы, влияющие на скорость протекания реакции.



В 1884 г. появляется книга выдающегося голландского химика **Я. Вант-Гоффа**, в которой он обосновал законы, устанавливающие зависимость направления химической реакции от изменения температуры и теплового эффекта реакции. В том же году французский химик **А. Ле-Шателье** сформулировал свой знаменитый **принцип подвижного равновесия**, вооружив химиков методами смещения равновесия в сторону образования продуктов реакции. Основными управляющими рычагами в данном случае выступали температура, давление и концентрация реагирующих веществ. Поэтому эти методы управления и получили свое название - **термодинамические**.

Вспомним, что любая химическая реакция обратима. Например, реакция типа:



Обратимость реакций служит основанием равновесия между прямой и обратной реакциями. На практике равновесие смещается в ту или иную сторону. Для того, чтобы химическая реакция пошла в сторону увеличения продуктов реакции AC и BD, необходимо либо увеличить концентрацию веществ AB и CD, либо изменить температуру или давление.

Но **термодинамические методы** позволяли управлять только **направлением** реакций, а **не их скоростями**.

Управлением скоростью химических реакций в зависимости от различных факторов занимается специальная наука - **химическая кинетика**. На скорость химической реакции может влиять очень многое, даже стенки сосуда, в котором протекает реакция.

3.7.2. Катализ и химия экстремальных состояний

В 1812 г. русским академиком К.С.Кирхгофом было открыто явление химического катализа. **Катализ** представляет собой наиболее общий и распространенный способ проведения химических реакций, особенность которого состоит в активации молекул реагента при их контакте с катализатором. При этом происходит как бы “расслабление” химических связей в исходном веществе, “растаскивание” его на отдельные части, которые затем легче вступают во взаимодействие друг с другом. В отличие от каталитической химии, занимающейся проблемами **катализа**, химия экстремальных состояний решает вопрос управления химической реакцией иначе - здесь химики пытаются “расшатать” атомы в исходной молекуле за счет дополнительной внешней энергии. Они используют при этом простой нагрев или энергию света, а иногда для “очень крепких орешков” (молекул с сильными внутримолекулярными связями) и радиационное облучение. Этим вопросом занимается **радиационная химия**.

3.8. Эволюционная химия - высшая ступень развития химических знаний

3.8.1. Эволюционные проблемы химии

Начало **эволюционной химии** связывают с 1950-1960 гг. Под **эволюционными проблемами** следует понимать проблемы синтеза новых сложных, высокоорганизованных соединений без участия человека.

Сегодня химики пришли к выводу, что используя те же принципы, на которых построена химия живых организмов, в будущем (не повторяя в точности природу) можно будет “построить” принципиально новую химию, новое управление химическими процессами - так, как это происходит в любой живой клетке. Химики надеются получить катализаторы нового поколения, которые бы позволили создавать, например, необычные преобразователи солнечного света. Всем известно, что в простом зеленом листочке энергия солнца превращается в энергию химических связей. А что, если подобный принцип использовать в нашем преобразователе света?

Энергия солнечного излучения будет трансформироваться в химическую и электрическую, а затем, при необходимости - обратно, - в энергию света. Вот было бы замечательно!

Исследуя биохимические процессы, протекающие в мышцах, ученые “загорелись” идеей создания новых полимеров, в которых химическую энергию можно было бы использовать для сокращения и растяжения таких материалов, т.е. превращать ее в механическую.

Это все кажется нам пока фантастикой. Но ведь и ученым, жившим в прошлом веке, проблема строения атома казалась нерешаемой. Поживем - увидим, возможно, и вы станете очевидцами новых разработок эволюционных химиков.

3.8.2. Пути освоения опыта живой природы

Несмотря на то, что химия в настоящее время все еще далека от совершенства, которым обладает “лаборатория живого организма”, пути к этому идеалу намечены. Ученые стремятся создавать промышленные аналоги химических процессов, происходящих в живой природе. Они исследуют опыт работы биохимических катализаторов и создают такие катализаторы в лабораторных условиях. Особой сложностью работы с **биохимическими катализаторами - ферментами**, является то обстоятельство, что они очень неустойчивы при хранении и быстро портятся, теряя свою активность. Поэтому химики долгое время работали над созданием стабилизации **ферментов** и в результате научились получать так называемые **иммобилизованные ферменты** - это ферменты, выделенные из живого организма и прикрепленные к твердой поверхности путем их адсорбции. Такие биокатализаторы очень стабильны и устойчивы в химических реакциях и их можно использовать многократно. Основоположником химии иммобилизованных систем является русский химик **И. В. Березин**.

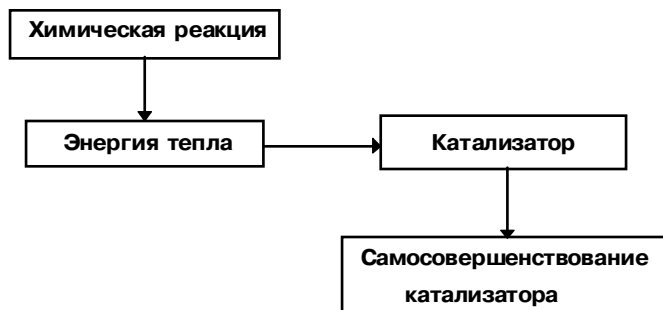
Изучение строения и функционирования ферментов в живой природе - это такая ступень химического познания, которая откроет в дальнейшем создание принципиально новых химических технологий.

3.8.3. Теория химической эволюции и биогенеза

В 1960-х годах были отмечены случаи самосовершенствования некоторых химических катализаторов в ходе химической реакции. Обычные катализаторы со временем (как и все на свете) стареют и изнашиваются. Но химикам удалось обнаружить такие катализаторы, которые не только не старели, а, напротив, “молодели” с каждой химической реакцией! Почему это происходило?

Ответ на этот вопрос попыталась дать теория химической эволюции и биогенеза, предложенная ученым мира в 1964 г. русским профессором **А. П. Руденко**. Сущность этой теории состоит в том, что химическая эволюция представляет собой **саморазвитие каталитических систем**. В ходе реакции происходит отбор тех каталитических центров, которые обладают **наибольшей активностью**.

Саморазвитие систем происходит за счет постоянного поглощения катализаторами потока энергии, которая выделяется в ходе самой химической реакции:



3.8.4. Нестационарная кинетика. Развитие представлений об эволюции систем

В 1970 годы было обнаружено много химических систем, в которых использовались катализаторы, в которых с течением времени все происходило наоборот, - процесс не стабилизировался, как обычно, а становился **нестационарным**. Было открыто несколько типов **автоколебательных химических реакций**, в которых с течением времени происходят периодические изменения выхода продуктов реакции. Другими словами, необходимый продукт химической реакции то выделяется в большом количестве, то, напротив, реакция почти не идет или даже изменяет свое направление, а затем все это повторяется вновь. Хорошо это или плохо для химиков? Оказалось, что в ряде случаев общее количество вещества, получаемое в ходе такой **нестабильной** химической реакции даже превышает то количество вещества, которое выделялось бы в ходе реакции, если бы она проходила **стационарно** или, т.е. имела бы **постоянную скорость**.

Изучение **нестационарной кинетики** началось недавно. Но уже есть и практические результаты. С ее помощью были исследованы некоторые энергетически сопряженные процессы, т.е. такие химические процессы, в которых принимают участие сразу несколько реакций, обменивающихся энергией друг с другом. Нестационарные химические процессы были обнаружены и в живой природе.

4. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ. ФОРМЫ И УРОВНИ ЖИЗНИ

В результате великих открытий второй половины нашего века биология вышла на молекулярный уровень изучения своих объектов и явлений и естествознание обрело контуры целостной науки, исследующей единую Природу во всех ее проявлениях. Появилась даже тенденция квалифицировать биологию, химию и физику не как самостоятельные естественные науки, а лишь как относительные части единого всепоглощающего Естествознания.

Вместе с тем не следует забывать о том, что каждая из этих частей имеет свои особенности, свою специфику. Биология по сложности в несколько раз превосходит химию и в несравненно большее число раз - физику.

Революционное потрясение, которое пережило естествознание с выходом изучения живой материи на молекулярный уровень сравнимо лишь с переворотами, произведенными Н. Коперником и И. Ньютоном, повлиявшими на переосмыслении картины мира. Ведь биология 1950-1970 гг. проникла в тайны живой природы, расшифровав механизмы ее функционирования, активно вторгшись в бытие человека и окружающей его среды.

Однако, биология, будучи “равной среди равных” в системе естественных наук, отмечена особым знаком судьбы. До сих пор нет единой точки зрения на ее “образ” как теоретической науки.



Все эти направления научных поисков в биологии хотя и различаются по содержанию, но преследуют одну и ту же **цель - познание феномена Природы - Жизни**. Все эти направления имеют один тот же живой объект исследования, т.е. объект, отличающийся от неживой природы своей функциональной сложностью, уникальностью и непредсказуемостью.

В настоящее время ведутся усиленные поиски объединяющего начала для всех трех “образов” биологии и создания единой теории жизни. Такая теория, безусловно, может быть создана лишь при помощи знаний смежных с биологией естественных наук: физики и химии.

4.1. Традиционная или натуралистическая биология. Биологическая система Линнея

Объектом изучения традиционной биологии всегда была и остается живая природа в ее естественном состоянии. Эта мысль принадлежит Эразму Дарвину. Эразму Дарвину (деду великого Ч.Дарвина), принадлежит термин **Храм природы**. Всякий входящий в этот Храм, должен был испытывать трепет и благоговение перед красотой и совершенством созданий Природы, а познающий ее тайны - приобщение к премудрости Творца, ее создавшего.

Традиционная биология имеет давние истоки своего зарождения. Они восходят к средним векам, а становление ее в самостоятельную науку, получившую название **натуралистическая биология**, приходится на XVIII - XIX вв. Методами биологии стало тщательное наблюдение и описание явлений природы, а главной задачей - их классификация.

Первый этап истории натуралистической биологии ознаменовался первыми классификациями животных и растений. Гигантский труд по классифицированию осуществлялся под воздействием идей великих мыслителей древности.

Вершиной искусственной классификации стала система, созданная **К. Линнеем** (1707-1778 гг.). Все его труды были посвящены грандиозной **систематизации растительного мира** по произвольно выбранным, зачастую единичным признакам. Однако, она четко отображала закономерности, реально существующие в природе и позволяла выделять растения в отдельные группы. К. Линней называл эти группы **таксонами**. С именем этого ученого связано введение **бинарной номенклатуры** с обозначением рода и вида, а также принцип иерархического соподчинения таксонов и их наименования - **классы, отряды, роды, виды, разновидности**.

Более близкими к природе были системы, созданные позже **А. -Л. Жюссе** (1748-1836), **О.-П. Декандалем** (1778-1841) и **Ж.-Б. Ламарком** (1744-1829).

Труд Ж. - Б. Ламарка "Естественная история растений" (1803) был построен по принципу развития от простого к сложному. В нем ученый акцентировал внимание на происхождении отдельных групп растений и пытался установить родственные связи между разными группами растений.

"Первая инвентаризация" животного мира велась несколько иным способом. Биологи составляли фундаментальные сводки энциклопедического характера. Примерами могут служить труды **К. Гесснера** (1516-1565) "История животных", **Р. Реомюра** (1683-1757) "Мемуары по истории насекомых" и особенно 44-томный труд **Ж. Брюффона** (1707 - 1788) и его соавторов "Естественная история".

Одной из первых классификаций животных является классификация, созданная К. Линнеем и представленная в его работе "Система природы" (1758 г.). **Эволюционный подход к классификации царства животных** применили несколько позже Ж. - Б. Ламарк (1801 и 1809гг.), **С.-И. Жоффруа** (1805-1861 гг.) и **Ж. Кювье** (1769-1832 гг.).

Становление традиционной биологии - это зарождение комплексного или системного подхода к исследованию Природы, поскольку объектом исследования натуралистов была и остается живая природа в ее целостном и нерасчлененном виде, во всем ее многообразии и сложности. Поэтому можно говорить, что первым традиционалистом было свойственно стихийное, т.е. неосознанное системное мышление. Оно и позволяло воспринимать Природу в целом, видеть неискаженные вмешательством человека царящие в ней законы.

В наши дни традиционная биология не утратила своего назначения. Напротив, ее роль возросла, т.к. перед человечеством возникли совершенно новые экологические проблемы. А ведь экология - это наука, исследующая взаимоотношения организмов как между собой, так и со средой их обитания, и поэтому нет ничего удивительного в том, что ее выводы "опираются" на традиционные биологические методы исследования Природы. Кроме того, любой уважающий себя ученый-биолог прежде, чем начать исследования в своей области знаний, обязательно пронаблюдает за естественным течением жизни, чтобы понять какое место в общей системе жизненных явлений занимает тот процесс или та структура, которые он намерен изучать. Традиционная биология является источником фактов, почерпнутых из наблюдений реальности, ее объект изучения - целостная живая природа, воспринимаемая как единая нерасчлененная система во всем ее многообразии. А ведь именно такая природа требует от нас самого бережного и гуманного отношения к себе.

4.2. Физико-химическая биология

Название физико-химическая биология имеет два смысла. Во-первых, это понятие означает, что предметом исследования данного направления науки являются объекты живой природы, которые изучаются на **физико-химическом уровне**, т. е. на молекулярном и надмолекулярном уровнях. С другой стороны, сохраняется и первоначальное значение этого термина: использование **физико-химических методов** для расшифровки структур и функций живой природы на всех уровнях ее организации. Так или иначе, **физико-химическая биология** в наибольшей степени содействовала сближению биологии с точными науками и становлению естествознания как единой науки о Природе.

Биологи-экспериментаторы, в принципе, уже давно использовали различные точные физико- химические методы в своей работе. Среди них были **Л. Пастер** (1822-1895), **И. М. Сеченов** (1829-1905), **И.П. Павлов** (1849-1936), **И. И. Мечников** (1845-1916) и многие другие. Именно они проложили

путь к раскрытию сущности процессов жизнедеятельности живых организмов. С тех пор точные методы, которыми пользуются ученые и экспериментальная техника шагнули далеко вперед. Создание новых методов стимулировало научный поиск, а свежие научные открытия, в свою очередь, приводили к созданию принципиально новой аппаратуры.

В настоящее время ученые при поиске истины используют весь арсенал накопленных к настоящему времени методов исследования живого. Среди них - как очень старые - классические методы исследования, так и ультрасовременные, оригинальные методы, иногда разрабатываемые прямо в лаборатории. Наиболее широкое распространение в биологии получили **метод меченых атомов** (используемый для наблюдения за передвижением и превращением веществ в живом организме), **методы рентгено-структурного анализа и электронной микроскопии** (позволяющие исследовать крупные молекулярные компоненты и субмикроскопические структуры в живых клетках); **хроматографические методы** (используемые при биохимических исследованиях), **спектральные методы и методы зондирования в тканях** (позволяющие следить за работой живых органов - ЯМР-томография; УЗИ-томография, оптические зонды и т.д.). Широкое внедрение компьютеров позволило автоматизировать экспериментальные установки и привело к созданию большого количества различных **томографов** - компьютерной аппаратуры, позволяющей послойно анализировать любой орган или клеточный органоид, не нанося ему вреда.

В отличие от физики и химии, биология пока не располагает такими интегрированными теоретическими знаниями о многообразии живой природы, которые могли бы составить базу для **теоретической биологии**. На сегодняшний день это достаточно сложная задача. Ведь для создания теоретической биологии необходимо осуществить синтез всех обширных знаний из всех областей биологии и, проанализировав все эти знания о живом, выделить существенные закономерности, которые были бы присущи **всем уровням организации живой материи**. При этом следует особенно подчеркнуть тот факт, что речь идет именно о живой, а не мертвой материи и потому в науке **теоретической биологии** должна быть дана характеристика жизни, не сводимая к физике или химии.

Вместе с тем совершенно очевидно, что живые организмы находятся в постоянном взаимодействии с окружающей природой. Вместе с пищей они поглощают бесчисленное множество органических и минеральных соединений, которые претерпевают биохимические превращения в живом организме и затем (в виде продуктов распада) выводятся вновь в окружающую среду. Строительным материалом для живых клеток являются макромолекулы: белки, фосфолипиды, жиры, нуклеиновые кислоты. Гормональная регуляция, осуществляемая в организме производится так же химическим путем. В общем, куда ни брось взгляд - всюду химия! А химическое учение основано на конкретных физических закономерностях. Вот и получается, что и без физики в биологии "далеко не уедешь"! Именно эти две науки, выбрав своим объектом исследования живые ткани и клетки, смогли дать ответы о том как устроены живые структуры на молекулярном уровне, связать работу живых клеток с химическими и физическими превращениями биомолекул.

Объединение биологии с химией породило новую науку - **биохимию**, целью которой является изучение структуры и свойств биомолекул одновременно с их **метаболизмом** в живых тканях и органах, т. е. с изменениями этих молекул внутри живого организма. В числе открытий, сделанных биохимиками, - выяснение принципов переноса энергии в клетке, расшифровка механизмов, регулирующих основные пути метаболизма, установление роли мембран, рибосом и других ультраструктурных элементов

клеток, выяснение того факта, что последовательность аминокислот определяет пространственную структуру белков, а, следовательно, и их биологические функции, познание молекулярных основ генетики. По сути **биохимия** пытается объяснить все существующие явления, происходящие в клетке или в живых жидкостях и тканях на языке, понятном химикам. Такой шаг открывает широкие перспективы для возможностей регуляции и корректировки функций **живого** химическим путем. Он находит свое непосредственное применение в фармацевтике, медицине и сельском хозяйстве.

На стыке биохимии, биологии и физики в 1950 гг. возникла новая наука - **биофизика**. Целью этой науки является объяснение ряда биологических явлений с точки зрения физики. Биофизики, рассматривая сложное биологическое явление, делают попытку расчленить его на несколько более элементарных, доступных для понимания актов - ступеней этого явления и исследуют затем их физические свойства. Методами биофизики было дано объяснение механизмам мышечного сокращения, проведения нервного импульса, актов ферментативного катализа; предложены модели многих автоколебательных процессов, наблюдаемых в биологии, объяснены тайны фотосинтеза. Биофизиков можно встретить сегодня в любой биологической лаборатории, начиная с экологической и заканчивая лабораторией молекулярной генетики. Спецификой биофизического знания является умение оперировать понятиями всех уровней биологии и биохимии.

Биофизика и биохимия осуществили давнюю мечту биологов об объединении знаний о структуре и функциях организма в целом. Однако, ни биохимия, ни биофизика не могут дать ответа на основной вопрос биологии: чем живая материя отличается от неживой и что является толчком при зарождении жизни.

4.3. Эволюционная биология. Теория эволюции Ч. Дарвина

Для живой природы развитие во времени - неотъемлемое и наиболее характерное свойство. В биологии эта концепция обрела функции платформы, на которой происходит синтез разнородного специализированного биологического знания. В итоге сформировалась достаточно самостоятельная область знаний - **эволюционная биология**.

Вам, конечно, хорошо известны основы дарвинизма из курса средней школы. **Ч. Дарвин** создал свою теорию будучи типичным натуралистом: его учение - плод пристальных наблюдений над живой природой в самых различных ее проявлениях. Весьма скромные в его времена знания о химическом составе организмов и процессах обмена веществ не имели для него сколько-нибудь существенного значения. Тем не менее одних только наблюдений и описаний оказалось достаточно, чтобы родилась главная идея, переросшая затем в целостную теорию - **идея естественного отбора**. Ч. Дарвину удалось выявить такие факты, которые при их обобщении как оказалось имеют универсальное значение. Идея развития (или эволюции), а также исторический метод были взяты на вооружение всем естествознанием.

Облик эволюционной биологии как науки сложился в результате объединения двух потоков знаний: самого эволюционного учения и знаний, полученных другими науками относительно эволюции и ее механизмов. Содержание эволюционной биологии постоянно расширяется. Новые научные достижения в молекулярной биологии, **цитологии** (науке о строении и функционировании живых клеток), палеонтологии способствуют этому. Ученые даже всерьез подумывают: а не пора ли провести новый эволюционный синтез полученных знаний. В его осуществлении многие биологи видят путь к оформлению самостоятельной дисциплины - теоретической биологии. Однако,

ряд ученых считают, что уровень достигнутых знаний пока еще недостаточно высок для подобной революции в биологии.

4.4. Формы и уровни жизни

Все объекты живой и неживой природы по строению представляют собой системы, для которых характерно иерархическое соподчинение входящих в них элементов, т. е. **структурных уровней организации**. Самые элементарные из них относятся к области познания физики, - это электроны, протоны, другие элементарные частицы. Затем идут атомные уровни, молекулярные уровни, изучением которых занимаются как физика, так и химия. За молекулярным уровнем следует субмолекулярный, - уровень исследования работы макромолекул как единого целого; и так далее, вплоть до уровня организмов и сообществ из них. Каждый нижележащий уровень располагается как бы в оболочке вышележащего уровня и сохраняет его особенности. Действительно, молекулярный состав мембраны клетки будет отличаться, например, от молекулярного состава ядра клетки, а конкретный химический элемент будет всегда иметь свое, отличное от других строение электронных оболочек. Конкретизация знания об объекте предполагает суммирование знаний о его строении на всех уровнях знаний. А изучение каждого уровня организации живой материи должно иметь биологический смысл, т.е. должно быть направлено на изучение феномена жизни, а не просто структуры ее физико-химической организации.

Для наглядности приведем пример не из биологии, а из жизни. Представьте себя владельцем небольшого особняка. Каждый кирпич, из которых построен ваш дом, имеет тот же цвет, что и цвет всего здания. Таким образом, рассматривая отдельный кирпич в стене дома вы одновременно получаете информацию о свойствах целого дома. Но можете ли вы быть уверены в том, что цвет стен в комнатах соответствует цвету кирпичей? Да, - в том случае, если стены в вашем доме голые. Нет, - если они покрыты обоями. Как мы видим на этом простом примере, - изучение объекта на более низком уровне несет только часть информации обо всем объекте и не всегда соответствует полному представлению о нем. Ясно, что для того, чтобы картина была более полной желательно осмотреть все здание снаружи, изучить его планировку, узнать из каких строительных материалов оно сделано, узнать свойства этих материалов и т. д. В более общем виде это и обозначает суммирование или синтез знаний об объекте исследования, полученных на всех уровнях познания.

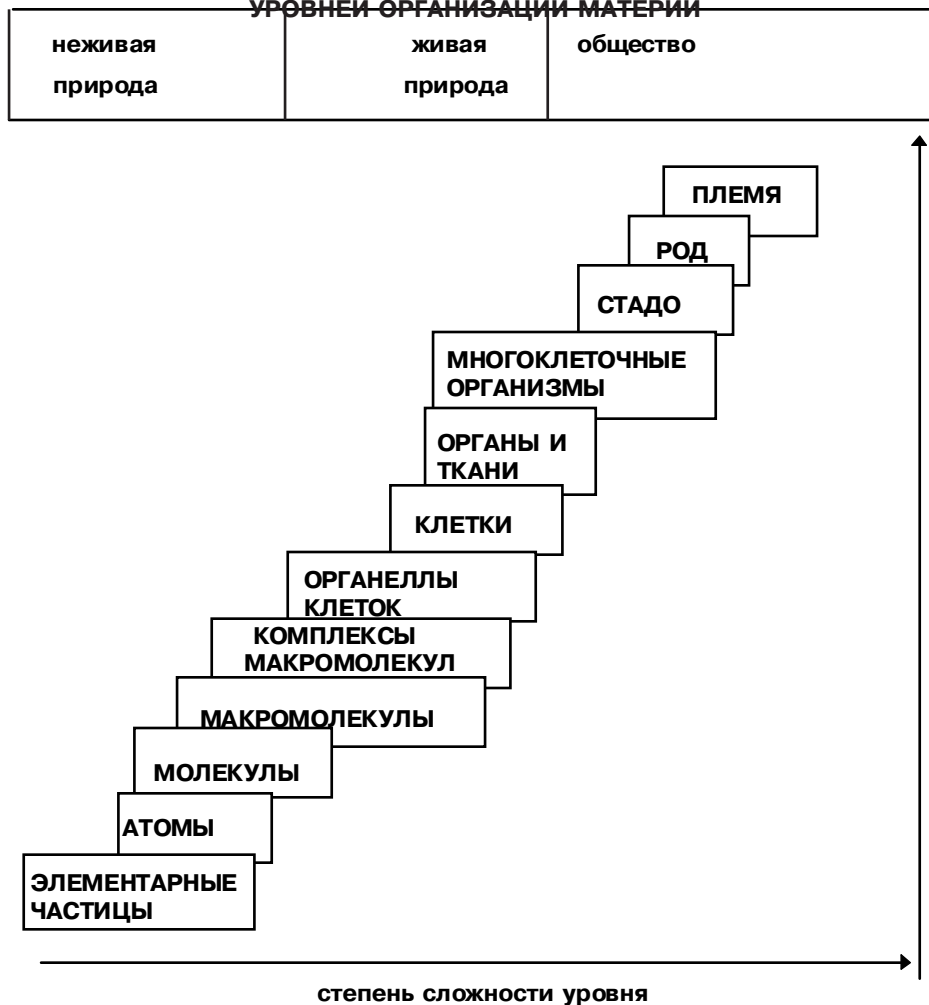
Это задача архисложная и не всегда выполнимая. Среди ученых есть откровенные противники структурирования и выделения уровней познания при изучении биологических объектов. Они считают жизнь уникальным явлением, не подлежащим сухому анализу и рассматривают проявления жизни во всем ее многообразии. Безусловно, эта идея очень привлекательная, но трудно не согласиться с тем фактом, что биологические явления сами по себе - явления достаточно сложные для изучения и понимания, сложные по своей органической структуре и по своим функциональным проявлениям. Поэтому ясно, что без деления такой сложной системы на отдельные части, которые был бы в силах охватить мозг исследователя просто не обойтись. Деление же на части или уровни исследования происходит в соответствии с реальными структурными уровнями живого объекта.

Проблема различной степени упорядоченности и организованности живой материи возникла у натуралистов еще в XVIII - XIX в. Первым толчком к ее проявлению послужило провозглашение в 1830-е годы клеточной теории. А в 1846 г. **М. Шлейден** - один из основателей этой теории - сформулировал

положение о существовании живых тел “различного порядка организованности”. Незадолго до этого **Э. Геккель** выдвинул гипотезу, согласно которой протоплазма клетки не однородна, а состоит из каких-то надмолекулярных частиц, названных им **пластидулами**. С одной стороны утверждалась идея дискретности, т. е. делимости целого на структуры более низкой организации, а с другой- этим структурам приписывалась постоянная и самостоятельная функция.

В первой половине XIX в. в биологии появляется **история теории систем**. Одна из первых ее страниц была посвящена редукционизму, представляющему собой **механистический материализм**. Согласно ему все высшее сводится к низшему: процессы жизнедеятельности - к совокупности

СХЕМА КЛАССИФИКАЦИИ СТРУКТУРНЫХ УРОВНЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ МАТЕРИИ



их физико-химических реакций. Качественное своеобразие живого отрицалось. Противников “редукционистов” в то время называли **виталистами**. “Виталисты” утверждали, что органическое целое невозможно свести к простой сумме его частей и оно управляется божественной силой. Несколько в стороне находились взгляды экспериментирующих биологов, придерживавшихся **физиологического детерминизма**. Так **К. Бернар**, полагал, что все структуры и процессы в многоклеточном организме определяются внутренними причинами организма, поиском которых необходимо заниматься ученым.

В 1920 годы американские философы **Г. Браун** и **Р. Селларс** разработали новое понятие **структурные уровни**. Согласно их теории, эти уровни различаются не только классами сложности, но и закономерностями их функционирования. Они выдвинули идею иерархической соподчиненности уровней, вхождение каждого последующего уровня в предыдущий с образованием единого целого, в котором низкий уровень “виден” в самом высшем. Так родилась концепция многоуровневой иерархической “матрешки”.

Данная концепция - это не теория жизни. Но она является эффективным инструментом для получения комплексного, интегрирующего знания, которое может служить базой для возведения теоретической биологии.

4.5. Молекулярно-генетический уровень

Одно из главных событий в истории биологии XX в. - выход экспериментальной физико-химической биологии на изучение молекулярного уровня живой природы. В результате исследований на молекулярно-генетическом уровне произошло не только слияние отдельных биологических дисциплин в “единый фронт” наук, но и тесное сближение биологии со смежными ей физикой и химией. А это значит, что проблемы, считавшиеся раньше чисто биологическими, теперь стали по-существу проблемами всего естествознания. На страницы научной литературы “хлынул” поток фактического материала, оценить который как принадлежащий какой-либо конкретной науке практически невозможно.

Существует три **главные проблемы**, которые стали объектом исследования **на молекулярном уровне**:

1. Происхождение жизни.
2. Молекулярно-генетический подход к изучению эволюции.
3. Изучение молекулярных основ воспроизводства жизни и процессов жизнедеятельности.

4.6. Происхождение жизни

Целая эпоха в истории изучения проблемы происхождения жизни связана с трудами **А.И. Опарина** и его учеников. Пик исследований ученого приходится на 1950-70 годы, хотя основополагающий его труд “Происхождение жизни” был опубликован еще в 1924 г. Уже в нем были изложены все те идеи, которые составили основу гипотезы Опарина. Главная из них - зарождение жизни на Земле - длительный эволюционный процесс становления живой материи в недрах неживой.

Опарин предложил новую идею химической эволюции, - когда под воздействием сильнодействующих физико-химических факторов (температуры, ультрафиолетового и рентгеновского излучения, электрических разрядов большой мощности и атмосферного давления) происходит самопроизвольное превращение ряда неорганических соединений в органические “кирпичики жизни” - аминокислоты, нуклеозиды и нуклеотиды, простейшие полисахариды и в молекулы АТФ, способные запасать химическую энергию.

Идея химической эволюции в 1920 годах “носила в воздухе”. Подобного рода эксперименты были распространены во многих лабораториях мира. Это не удивительно, - химия в то время была в зените славы и процветания. Однако, перед учеными, поддержавшими идею химической эволюции сразу же возник риторический вопрос: а что произошло раньше - аминокислоты и белки или же молекулы, ответственные за воспроизводство живого - нуклеотиды и нуклеозиды. Другими словами, еще в те годы был поставлен вопрос о происхождении всем известной “курицы и ее яйца”, но только на молекулярном уровне. Гипотезы, утверждавшие **первичность структуры**, наделенной способностью к обмену веществ при участии ферментов объединялись под шапкой **голобиоз**, а гипотезы, утверждающие первичность **молекулярной системы**, включающей в себя генетический код, назывались **генобиоз**.

Одной из сильных сторон гипотезы Опарина является то, что она находится в соответствии с гипотезой эволюции добиологической (неживой) материи и зарождение жизни представлено в ней как закономерный процесс. Вторая сильная сторона - возможность экспериментальной проверки основных положений гипотезы в лабораторных условиях. Однако, есть и слабые стороны рассматриваемой гипотезы. Например, гипотеза Опарина допускала возможность самовоспроизведения доклеточных структур при отсутствии молекулярных систем с функциями генетического кода. Поэтому при синтезе аминокислот в лабораторных условиях дополнительно допускалось введение в “первичный бульон” химически сложных готовых “блоков”, например, ферментов, без которых реакция не шла. В последние годы представители научной школы А.И. Опарина, оставаясь, в основном, на позициях его гипотезы, признают нерешенность главного вопроса всей проблемы - что именно является движущей силой саморазвития химических систем и перехода от химической эволюции к биологической? Иными словами, в рамках гипотезы. Опарина не удается объяснить главную проблему: причину того таинственного скачка от неживой материи к живой, который и знаменует собой начало жизни в том “земном” виде, в котором она нам известна.

Креационистские (от лат. creatio - создаю) **теории**, в отличие от естественно-научных гипотез объясняли происхождение жизни существованием Бога - Создателя, основывая свое учение на Библии: “И сказал Бог: да произрастит земля зелень, траву, сеющую семя, дерево плодовитое, приносящее по роду своему плод, в котором семя его на земле. И стало так.” (Бытие, гл.1, стих 11).

Согласно Библии, вслед за растениями Бог создавал животных из воды: “И сотворил Бог рыб больших и всякую душу животных пресмыкающихся, которых произвела вода по роду их, и всякую птицу пернатую по роду ее. И увидел Бог, что это хорошо. И благословил их Бог, говоря : плодитесь и размножайтесь, и наполняйте воды в морях и птицы да размножатся на земле” (Бытие, гл. 1, стихи 21 - 22).

Затем, в соответствии со своим замыслом, Создатель производит “зверей земных по роду их, и скот по роду его, и всех гадов земных по роду их.” (Бытие, гл.1, стихи 25).

В креационистской теории сотворения мира животный и растительный миры создаются сразу по желанию Бога во всей своей красе и во всем разнообразии. Каждый род и вид флоры и фауны уникальны с самого рождения, потому что являются воплощением Божественного Плана, а не случайной стихии природы. Воля и энергия Творца служат первым толчком для превращения неживой материи (“воды” и “земли”) в живую. Эволюционная идея превращения одного рода в другой путем естественного отбора с позиций этой теории представляется ненужной: природа изначально была создана в совершенной гармонии с окружающим миром.

Ну, а гипотеза биологов о превращении обезьяны в человека с точки зрения **креациониста**, звучит и вовсе кощунственно. Ведь Бог создал людей по своему образу и подобию и поставил их над всей природой : "... И да владычествуют они над рыбами морскими, и над птицами небесными, и над скотом, и над всею землею, и над всеми гадами, пресмыкающимися по земле".(Бытие, гл.1, стих 26)

Как естественно-научные, так и креационистские теории происхождения жизни, не имея под собой достаточно научных доказательств продолжают существовать вместе, и склонность исследователя к признанию правильности той или иной гипотезы происхождения жизни, определяется на данном этапе познания не научными фактами, а скорее собственным мировоззрением ученого: символом веры в Бога или его безверием. Материалисты придерживаются эволюционной гипотезы создания Жизни на Земле, а ученые, верящие в Бога, - креационистской.

Впрочем, русский ученый **В.И. Вернадский** (1863-1945) решал этот вопрос совершенно иначе. Он, не будучи креационистом, "вынес" зарождение жизни за пределы земной поверхности считая, что жизнь на нашу планету была "занесена" из космоса. Утверждая, что живое на Земле может порождаться только живым. Он придерживался "принципа Реди", сформулированного в 1668 г. итальянским ученым - врачом **Ф. Реди**: "Все живое происходит только из живого". Сегодня развитие естествознания не опровергает, а во многом подтверждает идеи В.А. Вернадского.

4.7. Современное развитие эволюционной теории Ч. Дарвина. Молекулярно-генетический подход

Термин "эволюция" был впервые введен в лексику биологии швейцарским ученым **Ш.Бонне** в 1762г., т. е. задолго до опубликования своего труда Ч. Дарвиным. Причем Ш.Бонне понимал под этим термином не только **идею развития**, но и представления о роли **изменчивости и отбора** в становлении новых форм живого. Эти представления претерпевали изменения с течением времени.

В настоящее время различают три типа изменчивости:

Наследственная изменчивость - это изменчивость, обусловленная возникновением новых генотипов (аналог "неопределенной изменчивости" Ч. Дарвина).

Ненаследственная изменчивость - это изменчивость, которая отражает изменения не генотипа, а **фенотипа** под влиянием условий внешней среды (аналог "определенной изменчивости" Ч. Дарвина).

Онтогенетическая изменчивость - это изменчивость, отражающая изменения в ходе индивидуального развития всего организма (онтогенеза) или изменчивость отдельных клеток в процессе их дифференциации (т.е. при формировании их индивидуальных отличий в процессе жизненного цикла).

Современный эволюционизм - это не только дарвинизм в его изначальном виде, а многогранное комплексное учение, сформировавшееся за годы, прошедшие со времен создания теории Ч. Дарвина. В 1930-1940 годах появилась на свет новая **синтетическая теория эволюции**. Она представляет собой синтез дарвинской концепции естественного отбора с генетикой и экологией. Существуют два основных отличия синтетической теории эволюции от теории Ч. Дарвина. Это, во-первых, - признание в качестве элементарной единицы эволюции не организма и даже не вида, а местной популяции и, во-вторых, - выделение двух типов эволюции: микроэволюции и макроэволюции. **Микроэволюция** обозначает совокупность эволюционных процессов в популяциях, сопровождающихся изменением генофонда и

образованием новых видов. Макроэволюция (или филогенез) - это эволюционные преобразования, протекающие в течение длительного исторического периода и приводящие к образованию надвидовых таксонов. Микроэволюция доступна для непосредственного изучения в лабораторных условиях, макроэволюция - нет, вследствие ее исторической протяженности. Изучение микроэволюции возможно посредством наблюдения за изменениями животных и растений в природе. Изучение же макроэволюции требует дополнительных исторических источников для исследования. Такие данные предоставляли смежные биологические дисциплины: **сравнительная морфология, палеонтология и эмбриология**. В настоящее время ученые перешли на изучение эволюционных процессов на молекулярно-генетическом уровне. Объектами исследований ученых стали **белки и нуклеотиды**, изъятые из как из ныне живущих организмов, так и из геологических слоев залегания ископаемых. Главной проблемой макроэволюции является расшифровка последовательности филогенеза и наследственных связей между организмами. Эта наука постоянно развивается, у нее большое биологическое будущее. Достижения в этой области знаний непосредственно связаны с прогрессом в области молекулярной биологии и генетики.

4.8. Изучение молекулярных основ воспроизводства жизни и процессов жизнедеятельности

Две современные биологические науки - **молекулярная генетика и молекулярная биология** занимаются изучением смежных научных вопросов, связанных с основными проблемами структуры и функционирования живой природы на молекулярно-генетическом уровне. Рождение этих наук является подтверждением мощного **интеграционного процесса** (процесса объединения разных наук при решении одних и тех же задач), происходящего в современном естествознании. Коснемся вкратце вопроса о том, какие же проблемы приходилось и приходится решать, прибегая к методам молекулярной биологии и молекулярной генетики. В настоящее время их так много, что не представляется возможным осветить все пути развития этих наук в полной мере, но можно попытаться выделить среди общей массы решаемых вопросов наиболее важные.

Наиболее важные открытия, сделанные в области молекулярной биологии и молекулярной генетики:

1. Открытие генетической роли нуклеиновых кислот.
2. Открытие молекулярных механизмов генетической репродукции и биосинтеза белка.
3. Открытие молекулярно-генетических механизмов изменчивости.
4. Изучение молекулярных основ обмена веществ.

4.8.1. Законы генетики Менделя. Открытие генетической роли нуклеиновых кислот

Сегодня любому школьнику известно, что наследственная информация организмов зашифрована в ДНК. Однако, чтобы доказать это ученым потребовалось несколько десятков лет, а чтобы расшифровать строение и свойства нуклеиновых кислот - более ста лет. В XVIII и XIX веках делалось немало попыток выяснить как передаются признаки из поколения в поколение. Но начало генетике как науке было положено чешским ученым **Г. Менделем**, который скрещивал между собой различные сорта гороха и наблюдал за изменениями их окраски, формы, вида и др. признаков. Мендель определил, что у получаемых гибридов в первом поколении одни признаки подавляют

другие. Например, желтый цвет семян доминирует над зеленым цветом, гладкая поверхность семян над морщинистыми и т. д. Каждому из наследуемых признаков Мендель поставил в соответствие материальную частичку живого, передаваемого из поколения в поколение, - элементарную носительницу информации, и назвал ее **геном**. Изучая поведение и характер взаимодействия различных генов по их проявлению в потомстве, Мендель открыл свои знаменитые законы скрещивания генов и сделал доклад на собрании Брюнского общества естествоиспытателей. Но в течение почти 35 лет в мире не было ни одного ученого, который мог бы по достоинству оценить работу ученого и продолжить его исследования. Они были “настолько хорошо забыты наукой”, что в 1900 г. три исследователя - **де Фриз** в Голландии, **Корренс** в Германии и **Чермак** в Австрии, проводя свои исследования по делению клеток, вторично, независимо друг от друга, открыли законы Менделя. Честь и хвала им, что позже, обнаружив статью ученого, они уступили приоритет своего открытия законов наследственности их первооткрывателю - Менделю, высоко оценив его научный подвиг.

В начале XX в. было установлено, что описанные Менделем генетические факторы находятся в хромосомах клеточного ядра.

Параллельно с генетиками биохимии изучали химический состав ядер живых клеток. Впервые молекулы ДНК были выделены из ядер лейкоцитов швейцарским биохимиком **Ф. Мишером** во второй половине прошлого века. Первоначально он назвал выделенное вещество **нуклеином** (от лат. nucleus - ядро). Затем работавший в той же лаборатории **А. Коссель** обнаружил, что в состав нуклеиновых кислот входят **пуриновые** и **пиримидиновые основания** и простейшие **углеводы**. В начале 1900 годов в лаборатории **П. Левина** в США был расшифрован углеводный компонент этих нуклеиновых кислот.

В установлении роли ДНК в клетках также было несколько этапов. Особенно усиленно разработкой этого вопроса занимались американские ученые. В 1944 г. именно в США группе ученых-микробиологов **О. Эвери**, **К. Мак-Леоду** и **М. Мак-Карти** удалось установить, что свободная молекула ДНК обладает трансформирующей активностью, т.е. способностью переносить свойства от одного организма к другому. Это было революционное открытие, родившее новую науку, изучавшую вопросы наследственности на молекулярном уровне. Центральное место в этой науке отводилось исследованию роли ДНК. ДНК, являясь “хранилищем” материальной основы генетической информации, контролирует биосинтез белка в клетках и отвечает за изменчивость клеток. Именно молекула ДНК отвечает за передачу наследственной информации от одной клетки к другой.

4.8.2. Открытие молекулярных механизмов генетической репродукции и биосинтеза белка

И все же рождение новой науки - **молекулярной генетики** связывают с опытами двух американцев **Дж. Бидла** и **Э.Тэйтума**. В 1941 г. они установили прямую связь между состоянием генов (ДНК) и синтезом ферментов (белков). Появилась знаменитая фраза : “Один ген - один белок”.

Позже было выяснено, что основной функцией генов является кодирование синтеза белка. В 1952 году Дж. Бидл, Э. Тэйтум и **Дж. Ледерберг** были удостоены Нобелевской премии за эти исследования.

А в 1962 г. Нобелевская премия была присуждена **Ф. Крику** и **Дж. Уотсону** за установление молекулярного строения ДНК. Молекулярная биология стремительно развивалась! На повестку дня был вынесен новый вопрос: каким образом записана генетическая программа и как она реализуется в клетке.

Напомним, что согласно модели Уотсона - Крика генетическую

информацию в ДНК несет последовательность расположения четырех оснований: А, Т, Г и Ц. Необходимо было выяснить, как всего четыре основания могут кодировать порядок расположения в молекулах белка целых двадцати аминокислот? Решил эту казалось бы неразрешимую проблему русский по происхождению американский физик-теоретик **Г. Гамов**. Он предложил для кодирования одной аминокислоты использовать сочетание из трех нуклеотидов ДНК. Эта элементарная единица наследственного материала, кодирующая одну аминокислоту получила название **кодон**. В 1961 г. гипотеза Г.Гамова была подтверждена американскими экспериментальными исследователями Ф. Криком и др. Так был расшифрован молекулярный механизм считывания генетической информации с молекулы ДНК при создании белков.

А вот расшифровка механизма **репликации ДНК**, т. е. самоудвоения молекулы ДНК. Матричная ДНК, состоящая из двух скрученных молекулярных цепочек или нитей, раскручивается. Образуются две молекулярные нити, каждая из которых служит матрицей для синтеза новой нити, комплементарной к ней. Термин **комплементарность** означает, что синтез новой цепи происходит таким образом, что последовательность нуклеиновых оснований в одной цепи ДНК однозначно определяет их последовательность в другой цепи.

4.8.3. Открытие молекулярно-генетических механизмов изменчивости

На молекулярно-генетическом уровне существует несколько механизмов изменчивости. Среди них - **мутация генов** - механизм непосредственного преобразования самих генов, находящихся в конкретной хромосоме при сильном внешнем воздействии. При этом механизме порядок расположения генов в хромосоме не изменяется. Мутации (изменения) генов являются основными “поставщиками” материала для прямого действия отбора.

К другому типу механизмов можно отнести рекомбинацию генов, т. е. создание **новых комбинаций генов**, располагающихся в конкретной хромосоме. При этом сами гены не изменяются, а происходит их перемещение генов с одного участка хромосомы на другой или же обмен генами между двумя хромосомами. Это так называемая **классическая рекомбинация генов**, которая имеет место главным образом у высших организмов при половом процессе. При этом не происходит уменьшения или увеличения общего объема генетической информации, он остается неизменным.

Однако, существует еще один тип изменчивости генов - **нереципрокная рекомбинация или неклассическая рекомбинация генов**, при котором происходит увеличение общего объема генетической информации. Этот тип изменчивости возникает за счет включения в геном клетки новых, привнесенных извне генетических элементов, которые носят название **трансмиссивные** (англ. - переносимые) **генетические элементы**. Начало изучения этого механизма изменчивости было положено в 1952г., когда П. Ледерберг и **Н.Циндер** открыли явление **трансдукции** (лат. - перемещения) генов. Суть этого явления состоит в возможности переноса молекул ДНК не в “голом виде”, как при **трансформации**, а в составе вирусов бактерий.

В последнее время этот вид рекомбинации был тщательно изучен. Было обнаружено несколько типов **трансмиссивных генов**, различающихся структурой генома и способом связывания с хромосомой клетки-хозяина. Среди них - **плазмиды** - сложные генетические элементы в виде двухцепочной кольцевой ДНК, широко распространенные в клетках живых организмов, в том числе и высших. Это самые активные переносчики генетической информации. Именно им мы “обязаны” тем, что после длительного использования каких-либо лекарств, наступает “привыкание” к этим лекарствам. Патогенные бактерии, с которыми мы боремся медикаментозным

путем, связываются с плазмидами, придающими этим бактериям устойчивость и новое лекарство перестает действовать на бактерии, они его как бы не замечают.

Мигрирующие генетические элементы могут вызывать как структурные перестройки в хромосомах, так и мутации генов. Возникла новая наука - **генная инженерия**, целью которой стало создание новых форм организмов, в том числе и высших, наделенных свойствами ранее у них отсутствующих. Теоретическую основу этой науки составляет создание **рекомбинантных** (гибридных) **молекул** с новыми (нужными) свойствами. Наука вторглась в самое святое - создание новых живых организмов и научилась управлять этим процессом.

4.8.4. Изучение молекулярных основ обмена веществ

Существует три основных типа обмена веществ (**метаболизма**):

Катаболизм или диссимиляция - процесс расщепления сложных органических соединений, сопровождающийся выделением химической энергии при разрыве химических связей. Эта энергия запасается в фосфатных связях АТФ.

Амфоболизм - процесс образования в ходе катаболизма мелких молекул, которые затем принимают участие в строительстве более сложных молекул.

Анаболизм или ассимиляция - разветвленная система процессов биосинтеза сложных молекул с расходом энергии АТФ.

Все три типа метаболизма к настоящему времени полностью расшифрованы. Не последнюю роль сыграла при этом фундаментальная для всего естествознания идея единства состава и механизмов функционирования живой природы независимо от уровня организации представляющих ее структур. Эта идея получила название **концепции биохимического единства** и возникла еще во второй половине прошлого века, но получила свое распространение благодаря голландским микробиологам **А.Клюйверу** и **Г. Донкеру** в 1926г.

В настоящее время накоплен богатый фактический материал о том, каким образом осуществляется регуляция метаболизма в клетках. Изучается специфика **биокатализа** (ферментативного катализа) и разрабатываются теоретические механизмы действия различных ферментов. Открыты так называемые **аллостерические ферменты**, в которых имеется два центра связывания с молекулами: один - связывающий и распознающий исходный субстрат, т.е. вещество, вступающее в данную реакцию, а другой - распознающий конечный и промежуточный продукты реакции. Второй центр, связываясь с продуктом реакции, изменяет свою конформацию (пространственную структуру), что влияет на скорость биокатализа. Поэтому эти ферменты назван еще иначе: регулирующие ферменты или эффекторы.

Еще один способ регуляции биохимических процессов в живой клетке был обнаружен при исследовании механизмов передачи ионов через клеточную мембрану в 60-е годы. Оказалось, что часть химических веществ переносится через мембрану клетки в направлении противоположном естественному. Т.е. получается так, что молекулы ряда веществ устремляются не в то место, где их немного, а наоборот, - против их концентрационного потенциала. Клетка как бы "накапливает" такие молекулы. Такой вид "транспорта" называется активным и осуществляется за счет использования энергии расщепления фосфатных связей АТФ.

Невозможно перечислить все достижения в области исследования регуляции метаболизма клеток. Эта область постоянно развивается и радует

нас новыми научными открытиями, каждое из которых не перестает удивлять совершенством механизмов регуляции процессов обмена веществ, осуществляемых на макромолекулярном уровне.

4.9. Онтогенетический уровень

Термин **онтогенез** был введен **Э. Геккелем** еще в 1866г. Ученый подразумевал под ним рассмотрение особенностей структурной и функциональной организации отдельных организмов, - как многоклеточных, так и одноклеточных.

В настоящее время под этим термином понимают саморегулирующуюся иерархическую систему, определяющую согласованную реализацию наследственных признаков и функций, осуществляющихся в пределах автономной живой особи. Другими словами, онтогенетический уровень - это уровень изучения организма как единого целого, системы, в которой все связано, все отрегулировано и все прекрасно работает.

“Минимальной живой системой” является простейшая живая клетка. Она наделена всеми функциями, присущими многоклеточному организму: обменивается с окружающей средой, растет и увеличивает свой объем, делится и размножается, обладает системами метаболизма или биохимической регуляции.

4.9.1. Открытие клетки английским натуралистом Гукком. Изучение строения клетки Шванном

... Когда Янсенс в 1590 году и Галилей в 1610 году сконструировали микроскоп, появились возможности для изучения многих биологических проблем нового типа. Одним из первых использовал микроскоп **Роберт Гук** (1635-1704), который исследовал строение животных и растительных тканей. При помощи микроскопа с увеличением примерно в 30 раз Гук обнаружил **клетки** на срезе пробки. Позже **Левенгук**, пользуясь линзами, дававшими увеличение в 270 раз, описал сперматозоиды человека, бактерии простейших и ядра в клетках крови. Эти наблюдения за клетками не сопровождались какими-либо существенными успехами в теоретическом отношении до тех пор, пока в начале XIX в. не была сформулирована клеточная теория.

В XIX в. биология клетки быстро развивалась. Этому способствовали крупные достижения в создании линз для микроскопов. **Броун** в 1833 году описал **ядро растительной клетки**, а **Шлейден** и **Шванн** в 1839 г. - **ядрышко**. Новой ступенью развития теории клетки явилось знаменитое положение **Вирхова** (1855) :

“Все клетки возникают только в результате деления существовавших ранее клеток”.

В 1880 г. **Флеминг** описал хромосомы и последовательность событий при митозе, а в 90-х годах прошлого века были выяснены и более сложные явления, происходящие в клеточном ядре во время мейоза.

4.9.2. Деление всего живого мира на прокариоты и эукариоты

В 60-е годы микробиологи **Р. Стэниэр** и **К. Ван-Нил** предложили “поделить” весь живой мир по уровню клеточной организации на **прокариоты** и **эукариоты**. Проведя детальный анализ структур и функций множества бактерий, ученые обнаружили сходство между некоторыми из них, связанное со строением их клеток. Критериями для них являлись организация генетического аппарата, структура мембран и цитоплазмы, строение органов

передвижения и строение клеточной стенки и наконец, степень организации самой клетки. Оказалось, что по всем этим критериям, прокариоты отличаются от эукариотов. После 1962 г. целый комплекс наук занимался изучением этой концепции и было найдено множество подтверждений существования различий между ними, в том числе и на генетическом уровне. Вместе с тем в клетках обоего типа было и много общего, поэтому ученые выдвинули гипотезу, согласно которой прокариоты и эукариоты имеют одного эволюционного предка - **архебактерии**. Однако, при дальнейшем исследовании оказалось, что эти клетки, совмещавшие признаки как прокариотов, так и эукариотов настолько непохожи на них, что ученым пришлось выделить их в отдельную ветвь - архебактерии. До сих пор между учеными ведутся дискуссии по поводу того, являются ли архебактерии более древними по своему происхождению, чем прокариоты и эукариоты?

4.9.3. Функционирование на онтогенетическом уровне

Функционирование на онтогенетическом уровне обусловлено наличием в живых организмах хорошо слаженной **функциональной системности**. На уровне клетки это - **ядро, рибосомы, митохондрии** и т.д. На уровне многоклеточных организмов - совокупность сосудистой, дыхательной, генеративной, нервной и пищеварительной систем. Согласно концепции, разработанной русским физиологом **П.К.Анохиным** (1935 г.), функциональная системность обусловлена тем, что компоненты систем не только “взаимодействуют”, но и “взаимосодействуют” друг с другом. Т.е. функционирование отдельно взятых органоидов или их систем невозможно без содействия других неразрывно с ними связанных. Этим взаимодействием обеспечивается и целостность каждой системы, когда процессы на низших уровнях как бы организуются функциональными связями на высших уровнях.

Вся история физиологии человека и животных - это история подтверждения наличия такой функциональной системности на онтогенетическом уровне.

4.10. Популяционно-биоценотический уровень

В соответствии с общепризнанными сегодня представлениями элементарными единицами эволюции жизни на Земле являются не молекулярно-генетические системы или отдельные особи, а целые **популяции** (от лат. - народ, население).

Популяция - это совокупность особей одного вида, обладающих единым генофондом и занимающих определенную территорию.

Термин популяция впервые был введен в 1903г. датским генетиком В. Иогансоном. А еще в 1877г. немецкий ученый гидробиолог **К. Мебиус** предложил понятие биоценоз для обозначения такой совокупности организмов, существование которых зависимо от абиотических (небиологических) факторов среды. Другое название **биоценоза - сообщество**. Биоценозы являются вторым уровнем организации и объединяют в себе несколько популяций. В свою очередь, биоценозы являются компонентами третьего надорганизменного уровня - биогеоценозов, которые характеризуются как определенными биологическими, так и абиотическими факторами среды.

В настоящее время в рамках популяционной биологии сформировались два тесно связанных между собой направления - биологическое и эволюционное. Главное содержание биологического направления составляет изучение популяций и биоценозов, которые, будучи тесно связанными между собой и с окружающей природой, олицетворяют живые механизмы

кругооборота веществ в природе. Биологическая популяционная биология исследует границы популяций или пространственную структуру популяций, а также изучает поведение животных в популяциях, их взаимодействие друг с другом (этологическую структуру популяций).

Связи внутри популяций и между популяциями служат основным механизмом сохранения их целостности. Было выяснено, что популяция является метаболически незамкнутой системой, в то время как биоценоз - метаболически замкнут на себя, т.е. внутри биоценозов круговорот веществ может совершаться без участия соседних биоценозов. В то же время устойчивость биоценозов зависит как от взаимодействия с соседними биоценозами, так и от их внутренней структуры.

На популяционно-биоценозическом уровне решающую роль играет взаимодействие составляющих его сочленов. Это взаимодействие носит **трофический характер**, т. е. происходит обмен веществами и энергией между популяциями или биоценозами.

Эволюционное направление в популяционной биологии связано с развитием учения о **микроразвитии**, т.е. об эволюционных процессах, происходящих за относительно короткие промежутки времени на ограниченных территориях, включающих в себя явления, протекающие в популяциях и завершающиеся видообразованием.

4.11. Биосферный уровень

Сегодня общепризнанной (особенно в отечественной науке) является та система взглядов на биосферу, которую создал В. И. Вернадский (1863-1945).

Сам Вернадский ссылается на Ж.- Б. Ламарка, заметив, что “он дал нам представление о роли биосферы в истории нашей планеты”. Однако, Ламарк не пользовался термином **биосфера** и в своем труде “Гидробиология” (1802 г.) говорил лишь о том, что “все вещества, находящиеся на поверхности земного шара и образующие его кору, сформировались благодаря деятельности живых организмов”.

Эту идею разделяли многие ученые XVIII-XIX вв. Например, немецкий естествоиспытатель **А. Гумбольд** в своих “Картинах природы” (1826 г.) ввел понятие “жизненная сила”, под которой он понимал специфическую оболочку Земли, где в единую целостную систему объединены процессы, протекающие в атмосфере, на морях и на суше, а также весь органический мир. Позднее, в 1869 году немецкий агроном **Ф. Ратцель** назвал поверхность Земли пространством жизни, а французский географ **Э. Реклю** в своем труде “Земля” дал красочное описание роли мира живых организмов в преобразовании лица Земли.

Таким образом, начиная с Ламарка, в науке появилось представление о существовании на нашей планете некоего пространства, где есть жизнь. Из всех терминов, предложенных для обозначения этого пространства укоренился один - биосфера, автором которого был австрийский ученый **Э. Зюсс** (1875 г.). В течение всей жизни, он уточнял и дополнял определение термина биосфера и в 1919 г. описал биосферу как “совокупность организмов, ограниченную в пространстве и во времени и обитающую на поверхности Земли”.

Однако, Зюсс ничего не говорил о геологической роли биосферы и ее зависимости от планетарных факторов Земли. Впервые идею о геологических функциях “живого вещества”, представленного совокупностью всего органического мира в виде “единого нераздельного целого” высказал В. И. Вернадский в 1919 г.

4.11.1. Учение В. И. Вернадского о биосфере

В 1919 г. **В. И. Вернадский** дал одно из самых первых своих определений живого вещества : “Под именем **живого вещества** я буду подразумевать всю совокупность организмов, растительных и животных, в том числе и человека”. Впоследствии он уточнял это определение. Уточнения касались суждений о трансформации (преобразовании) различных форм энергии, их роли в функционировании “живого вещества” и роли “живого вещества” в истории химических элементов на Земле. По Вернадскому живое вещество - это то звено, которое соединяет историю химических элементов с эволюцией организмов и человека, а также с эволюцией всей биосферы.

Отмечая характерные отличия живой материи от неживой, В. И. Вернадский, следуя взглядам Л.Пастера, видел основное отличие живого в дисимметрии строения его молекул. Он подчеркивал, что “в соединениях, связанных с жизнью, преобладает или исключительно существует один антипод”, т.е. один стереоизомер - левовращающий или правовращающий. Напомним, что **главный биологический смысл молекулярной дисимметрии** - обеспечение молекулярно-пространственного соответствия при взаимодействии молекул. Известно, что оптические свойства растворов (правое или левое вращение плоскости поляризации поглощаемого раствором света) зависят от пространственного расположения атомов в молекуле исследуемого вещества, причем знак дихроичного вращения прямым образом связан с направлением “закрученности” **хромофора - участка** молекулы, поглощающего свет.

Что касается происхождения такого фундаментального свойства живого вещества, то подобно **Пастеру**, Вернадский рассматривал его не как планетарное, а как космическое явление, “наведенное” на живую материю факторами **космического** порядка.

Космической же он считал и причину зарождения жизни на нашей планете. Он придерживался принципа **Ф. Реди**, сформулированного итальянским ученым еще в 1668 году: “Все живое происходит только из живого”. Вернадский, будучи по образованию геологом и изучая результаты геохимической истории Земли мог с уверенностью говорить о том, что в истории земли не было геологических эпох, лишенных жизни: “...Жизнь всегда была и не имела начала”.

Эти основополагающие тезисы он уточнял в дальнейшем. Так, в 1940 году Вернадский утверждал:

1. Нигде и ни в каких явлениях, происходящих или когда-либо имевших место в земной коре, не было найдено следов самозарождения жизни.

2. Жизнь, какой она нам представляется в своих проявлениях и в своем количестве, существует непрерывно со времени образования геологических отложений, со времени архейской эры.

3. Нет ни одного организма среди сотен тысяч различных изученных видов, генезис которого не отвечал бы принципу Реди.

Вернадский “вынес” зарождение жизни за пределы земной поверхности. Сегодняшнее развитие естествознания во многом подтверждает идеи В.И. Вернадского.

4.11.2. Многообразие живых организмов - основа организации и устойчивости биосферы

“Биосфера - это один огромный механизм”. Автором этого тезиса был отечественный микробиолог **С.Н. Виноградский**. Смысл его работы “О роли микробов в общем кругообороте жизни” заключался в подтверждении гениальной идеи Пастера : “Все стадии работы смерти обусловлены явлениями

жизни”. С. Н. Виноградский продемонстрировал незыблемость этой идеи, проанализировав каким образом происходит глобальный кругооборот разнообразных элементов благодаря деятельности микробов. Вывод из его работы был грандиозен: не будь микробов с их “благородной деятельностью”, наша планета оказалась бы погребенной под “остатками смерти”, т.е. под неразложившимися останками жизни.

Взгляды Виноградского находились в полном соответствии с постулатами теории В. И. Вернадского. Приведем пять постулатов его теории, при помощи которых ученый представлял структуру и функции первичной биосферы.

Постулат первый: “С самого начала биосферы, жизнь в нее входящая, должна была быть уже сложным телом, а не однородным веществом, поскольку связанные с жизнью ее биогеохимические функции по разнообразию и сложности не могут быть уделом какой-нибудь одной формы жизни”. Смысл сказанного ясен: первобытная биосфера изначально была представлена богатым функциональным разнообразием.

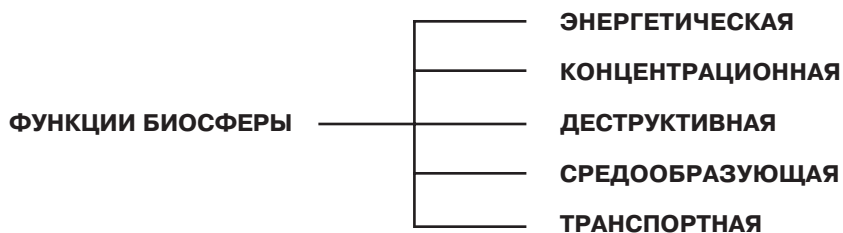
Постулат второй: “Организмы проявляются не единично, а в массовом эффекте... Первое появление жизни должно было произойти не в виде появления одного какого-нибудь вида организмов, а их совокупности, отвечающей геохимической функции жизни. Должны были сразу появиться биоценозы”.

Постулат третий: “В общем монолите жизни, как бы ни менялись его составные части, их химические функции не могли быть затронуты морфологическим изменением”. Смысл приведенных постулатов такой: первичная биосфера была представлена “совкупностями” организмов типа биоценозов, которые и были главной “действующей силой” геохимических преобразований. Морфологические изменения, т.е. изменения в их строении не влияли на их глобальную “химическую функцию”.

Постулат четвертый: “Живые организмы ... своим дыханием, своим питанием, своим метаболизмом ... непрерывной сменой поколений... порождают одно из грандиознейших планетных явлений ... миграцию химических элементов в биосфере”, поэтому “на всем протяжении протекших миллионов лет мы видим образование тех же минералов, во все времена шли те же циклы химических элементов, какие мы видим и сейчас”.

Постулат пятый: “Все без исключения функции живого вещества в биосфере могут быть исполнены простейшими одноклеточными организмами”.

Какие же именно **геохимические функции** выполняла биосфера, что имел в виду В. И. Вернадский? Он сам дал им следующие термины: газовая, кислородная, окислительная, кальциевая, восстановительная, концентрационная, разрушение органических соединений, восстановительное разложение, метаболизм и дыхание. Как видим, функций этих было предостаточно: благодаря существованию этих функций у биосферы происходило становление оболочек нашей планеты - атмосферы, гидросферы, литосферы и геосферы. Современная наука о биосфере классифицирует эти функции по пяти категориям.



Длительное время концепция Вернадского о биосфере замалчивалась, т.к. она не соответствовала господствующей догме **А.И.Опарина**, утверждавшей идею постепенного морфофункционального усложнения живой материи путем замены одних форм на другие - "более приспособленные".

Подлинное возрождение идей В.И.Вернадского о структуре и функциях как древней, так и современной биосферы произошло в середине 70-х годов, благодаря трудам отечественного биолога **Г.А. Заварзина**. Его главный вывод состоит в том, что основным фактором становления и функционирования биосферы были и остаются **многосторонние трофические связи**, установившиеся не менее, чем 3,4 -3,5 млрд. лет тому назад и определявшие характер и масштабы круговорота элементов в оболочках Земли.

Из сказанного следует, что ключевую роль в понимании существования живой природы на биосферном уровне играет **экологический** фактор. Именно ему отводил В.И. Вернадский решающую роль, когда говорил об условиях функционирования и сохранения живого как "единого целого", как "монолита жизни". Особенно четко роль экологического фактора обозначилась тогда, когда биосфера обрела новую форму существования - форму **ноосферы**.

4.11.3. Понятие ноосферы.

Неизбежность перехода биосферы в ноосферу

Все, о чем говорилось выше, касалось биосферы в ее естественном состоянии, когда она существовала и функционировала как подлинный "монолит жизни", самой жизнью создаваемый и управляемый.

Ситуация коренным образом изменилась, когда появился главный компонент биосферы - человек. Он выступил как мощная геологическая сила, положившая начало перестройке биосферы : началась эпоха ноосферы.

Термин **ноосфера** еще в 1927 г. был предложен французскими учеными и философами **Э. Леруа** и **П.Тейяром де Шарденом**. Однако, они вложили в этот термин особое содержание, истолковав его как некий надбиосферный "мыслительный пласт", как единый покров, окутывающий планету.

Другое истолкование этому термину дал В. И. Вернадский. Под термином ноосфера он понимал ту часть нашей планеты и околопланетного пространства, которая несет на себе печать разумной деятельности человека. Так же, как и биосфера, ноосфера становится геологической силой, влияющей на все сферы Земли.

Таким образом, В.И. Вернадский расширил учение о взаимном влиянии живых организмов и среды, т. е. представления о предмете экологии, включив в них **проблемы воздействия ноосферы на биосферу**.

Значение трудов В.И. Вернадского для человечества огромно. В результате их экология из чисто биологической превратилась в междисциплинарную область не только естественно-научного, но и философского значения.

4.11.4. Рациональное использование природных ресурсов и охрана биосферы

В наши дни существует достаточное количество примеров варварского отношения человека к природе. В погоне за сиюминутными выгодами, уничтожается та гармония в биосфере, которая создавалась на протяжении многих тысячелетий. Человек "победил" природу, занявшись ее уничтожением и забывая при этом, что и сам он является частичкой этой природы, а, значит, "победа" над природой означает на деле, самоуничтожение человечества. Научный прогресс, ведущий к повышению уровня жизни людей сопровождается большими издержками в виде вредных для жизни химических отходов,

повышенного электромагнитного и радиоактивного излучения, появления новых, доселе неизвестных болезней типа СПИДа, ухудшения общего здоровья населения планеты. Многие искусственные полимерные материалы и моющие средства вызывают аллергию, а радиоактивное излучение приводит к росту раковых опухолей и мутационным изменениям в генетическом аппарате половых клеток. Рождаются больные дети - заложники комфорта и удобства предыдущих поколений.

Помимо прямого воздействия на ноосферу и человека, технический прогресс разрушает основы всего живого на земле - биосферу и создает реальную угрозу окружающей среде в глобальных размерах: происходит загрязнение атмосферы, земли и воды - результатами непродуманной деятельности человека. Гибнут животные и растения, которые не смогли приспособиться к столь стремительным изменениям в геосфере, а это обозначает, что происходит нарушение тех самых трофических связей, которые существовали в природных популяциях до вмешательства в них человека. Многие виды животных и растений попросту вымирают, другие заносятся в "Красную книгу". Ослабление же внутренней структуры популяций приводит к ослаблению их компенсаторных функций - биосфера уже не справляется с той мощной "нагрузкой", которую "взвалило на ее хрупкие плечи" человечество. Происходит засорение планеты, - нашего дома. Да, поистине сбываются слова Ж. -Б. Ламарка, который еще в 1820 г. пророчески писал: "Можно, пожалуй, сказать, что назначение человека заключается в том, чтобы уничтожить свой род, предварительно сделав земной шар непригодным для обитания".

Спасти человечество может только создание целого комплекса мер, которые пока никто не в состоянии применить, т.к. для их реализации необходимы миллиарды. Кроме того, необходимо создание новой комплексной науки, которая бы приблизилась по своим масштабам к учению о биосфере В.И. Вернадского. Такая наука должна включать в себя все, что известно о современном экологическом кризисе, его источниках, масштабах и параметрах, а также путях их устранения. Но пока такая программа существует лишь в умах ученых. Кто знает, может быть, именно вам предстоит принять участие в ее разработке и осуществлении? Желаем успеха!

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

- 1. Составьте логическую схему базы знаний по теме курса.*

2. Выполните предлагаемые задания:

ЗАДАНИЕ 1

Заполните табл.1, соотнесите имена ученых и годы их жизни

Таблица 1

Имя ученого	Годы жизни
Аристотель	1791-1867
Н. Коперник	1571-1630
И. Кеплер	287-212 до н.э
М. Фарадей	1775-1836
Г. Галилей	1711-1765
Дж. Томсон	1879-1955
Э. Ферми	1643-1727
А. Эйнштейн	384-322 до н.э
И. Ньютон	1564-1642
М.В. Ломоносов	1901-1954
А. Ампер	1856-1940

ЗАДАНИЕ 2

После заполнения таблицы у вас останутся годы жизни выдающегося ученого, представителя математической физики, которому принадлежат слова: "Дайте мне точку опоры и я сдвину Землю!" Назовите его имя.

ЗАДАНИЕ 3

Продолжите таблицу первого задания, выписывая встречающиеся вам в юните фамилии в хронологическом порядке с указанием области научного знания, достижений ученых-естествознателей.

ЗАДАНИЕ 4

Кто из русских ученых обосновал необходимость привлечения физики для объяснения химических явлений и назвал ее физической химией?

ЗАДАНИЕ 5

Вставьте пропущенные имена.

"Идея атомистического строения материи впервые высказана ... (500-400 до н.э) и развита его учеником ... (460-370) ...".

ЗАДАНИЕ 6

Суть учения Демокрита сводится к следующему:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

ЗАДАНИЕ 7

Перечислите три основных закона движения. Почему закон всемирного тяготения Ньютона явился завершением второй естественно-научной революции?

ЗАДАНИЕ 8

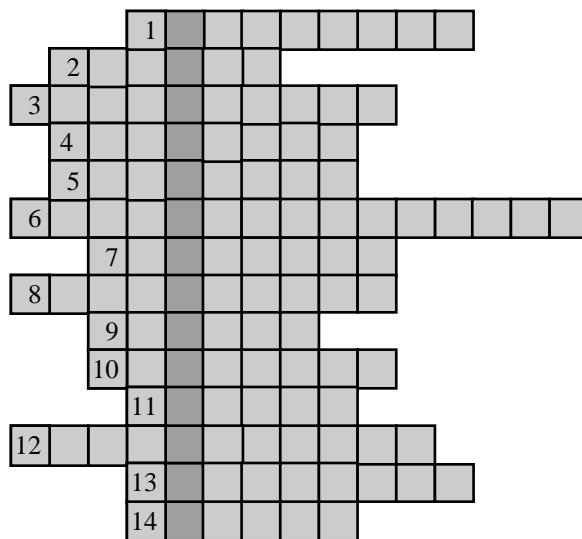
Можно ли разогнать физическое тело массой 5 кг до скорости света? Вычислите, сколько энергии потребуется для этого.

ЗАДАНИЕ 9

В каком году и кем была открыта первая элементарная частица? Как она называется?

ЗАДАНИЕ 10

Если вы правильно решите криптограмму, то в выделенных клетках (по вертикали) появится название изучаемой вами науки.

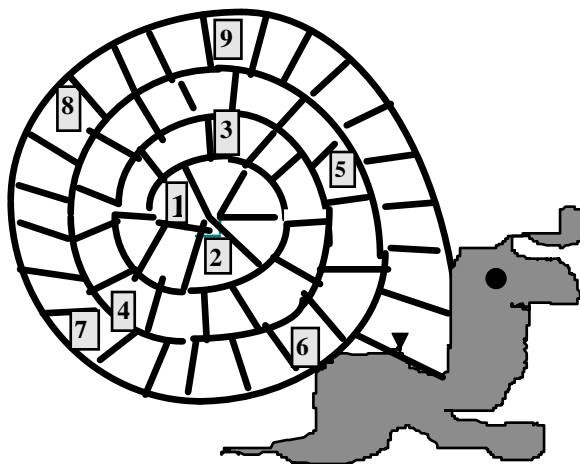


1. Создатель Периодической системы химических элементов.
2. Один из авторов модели ДНК.
3. Древнегреческий ученый, завершивший первую научно-техническую революцию.
4. Наименьшая частица химического вещества.
5. Совокупность организмов, ограниченная в пространстве и во времени и обитающая на поверхности Земли.
6. Область физики, одним из создателей которой является Максвелл.
7. Ученый, опровергший теорию "флогистона", которому принадлежит первая в истории химии классификация химических элементов.
8. Физическая наука о Вселенной в целом.

9. основополагающая наука в системе естествознания.
10. создатель теории относительности.
11. автор теории естественного отбора.
12. свойство атомных частиц вступать в химическое взаимодействие, количественной мерой которого является суммарное число неспаренных электронов, неподеленных электронных пар и вакантных орбиталей, участвующих в образовании химических связей.
13. синоним термина "макроэволюция".
14. основоположник теории валентности веществ, который ввел в обиход химиков термин "химическое сродство".

ЗАДАНИЕ 11

В пустые ячейки чайнворда впишите ответы на вопросы таким образом, чтобы последняя буква предыдущего слова являлась первой буквой нового слова.



1. Частичка света.
2. Создатель Всемирного закона тяготения.
3. Часть нашей планеты и околопланетного пространства, которая несет на себе печать разумной деятельности человека.
4. Физическая наука, изучающая планеты, звезды и другие космические объекты.
5. Центральная часть атома, состоящая из протонов и нейтронов.
6. Автор теории химической эволюции Жизни на Земле.
7. Название книги геометрии Евклида.
8. Французский ученый, основоположник электродинамики.
9. Первооткрыватель структуры атома.

ЗАДАНИЕ 12

Заполните таблицу 2.

Таблица 2

Основные открытия в естествознании

	Античность	Средние века V-XIII	века XIV-XIX	XX век
Физика				
Химия				
Астрономия				
Биология				
География				

Проанализируйте результаты таблицы. На какие периоды приходится “бурное развитие” той или иной области научного знания?

Когда произошло деление накопленного человечеством знания на отдельные естественные науки, дифференциация естествознания?

ЗАДАНИЕ 13

В истории развития естествознания выделяют четыре главных этапа (естественно-научные революции). Перед проведением аудиторного занятия в рабочей тетради составьте перечень основных научных открытий, сделанных на каждом из этих этапов согласно таблице 3:

Таблица 3

Этапы развития естествознания

Порядковый номер этапа (I, II, III или IV)	Основной глобальный научный итог данного этапа развития (или цель - для современного, четвертого этапа развития)	Название этапа развития (по имени ученого)	Дата совершения открытия
...

ЗАДАНИЕ 14

Составьте по одному оригинальному вопросу, касающемуся каждого из этапов развития естествознания (всего четыре вопроса с ответами). Запишите ваши вопросы и ответы в таблицу 4 (заполняется каждым студентом).

Таблица 4

№ естественно-научной революции	Вопрос	Ответ
I		
II		
III		
IV		

ЗАДАНИЕ 15

Подготовьте подробные рассказы об истории самых важных (эпохальные) открытий, относящихся к развитию представлений относительно строения мира. Сделайте в тетради краткие конспекты по темам :

Аристотель и геоцентрическая система мира.

Н. Коперник и гелиоцентрическая система мира.

А. Эйнштейн и теория относительности.

Современные модели Вселенной и попытки построения единой физической теории.

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

ЮНИТА 1

Редактор Е.М. Евдокимова

Оператор компьютерной верстки Д.В. Федотов

Изд. лиц. ЛР № 071765 от 07.12.98 г.
Тираж

Сдано в печать
Заказ

Современный Гуманитарный Университет