

Министерство образования и науки Российской Федерации
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

М.А. Мельникова

СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ
(избранные темы)

Учебно-методическое пособие

Благовещенск

2019

ББК 24.7 я 73

М 48

Рецензенты:

Лескова С.А., доц. каф. химии и химической технологии АмГУ,

канд. хим. наук;

Тарутина Е.И., доц. каф. философии и социологии АмГУ,

канд. филос. наук

М 48. Мельникова М.А. Современные концепции естествознания (избранные темы). Учебно-методическое пособие. / М.А. Мельникова. – 2-е изд., исправленное и доп. Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2019.–124 с.

Пособие содержит методический материал для подготовки к практическим занятиям по темам, связанным с историей зарождения классического естествознания, по астрономическим и химическим концепциям, а также элементам учения о биосфере и экологии биосферы в рамках дисциплины «Современные концепции естествознания».

Пособие предназначено для бакалавров, изучающих дисциплины «Концепции современного естествознания», «Современные концепции естествознания», «Естественнонаучная картина мира».

© Мельникова М.А., 2019

© Амурский государственный университет,

2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Тема 1. История естествознания: коперниканская революция. Возникновение классического естествознания.....	5
1.1 Коперниканская революция	5
1.2 Возникновение классического естествознания.....	8
Приложение 1. Законы Ньютона и теории света	20
Приложение 2. Теории света	21
Тема 2. Элементы современной астрономической картины мира.....	23
2.1 Солнечная система	23
2.2 Гипотезы образования Солнечной системы	29
2.3 Звезды	32
2.4 Космологические открытия ученых XX века.....	41
2.5 Теория инфляционной Вселенной	44
Приложение 3. Тонкая подстройка Вселенной.....	47
Приложение 4. Антропный принцип	48
Тема 3. Химические концепции	49
3.1 История химии. Хронологический подход.....	49
3.2 Современные представления о строении атома	54
3.3 Периодический закон и Периодическая система элементов Д.И. Менделеева ...	56
3.4 Химическая связь.....	57
3.5 Элементы учения о химических процессах.....	60
3.6 Эволюционная химия и ее основные проблемы	68
Тема 4. Концепции происхождения жизни.....	69
4.1 Определение понятия «жизнь»	70
4.2 Концепции самозарождения	71
4.3 Панспермия.....	72
4.4 Эволюционные концепции происхождения жизни	73
4.5 Космохимические гипотезы.....	77
4.6 Креационизм и гипотеза стационарного состояния	79
Приложение 5. Стереоспецифическая селекция	81
Тема 5. Биосфера.....	83
Тема 5.1 Представление о биосфере в свете учения В.И. Вернадского	83
Тема 5. 2 Физические факторы, влияющие на биосферу	84
Тема 5. 3 Биосфера и космические циклы.....	86
Тема 5. 4 Ноосфера	87
Тема 6. Экология биосферы.....	90
Библиографический список	95

ВВЕДЕНИЕ

Концепции современного естествознания – один из предметов в системе высшего образования. Естествознание – это знание природы, полученное с помощью различных естественных наук. Основу естественных наук составляют физика, химия, биология, астрономия, геология.

Возникает вопрос, для чего студентам гуманитарных, социальных и экономических направлений нужны знания естественных наук? Ответим на этот вопрос следующим образом.

1. Науки стали спутником нашей жизни. Ни один человек не может считать себя образованным, если он не проявляет интереса к естественным наукам. Мы постоянно сталкиваемся с потоком информации о тех или иных открытиях, достижениях, догадках, предсказаниях будущего, катастрофах так или иначе «привязанных» к образу естественных наук.

2. Как отличить научное от лженаучного? Как не попасть в сети лжеученых и лжецелителей? Как не поверить предсказаниям «экстрасенсов»? Для этого надо все же уметь разделять научное и псевдонаучное.

3. В каждом человеке живет образ мира, который он собрал из «осколков» своих практических и теоретических знаний. Картина мира не будет полной, а возможно будет просто искаженной без знания (хоть в популярной, адаптированной форме) основ естественных наук. Естественные науки формируют научную картину мира человечества в целом.

4. Естествознание учит строгому научному мышлению, анализу, основанному на фактах. Наука критична и консервативна. Иногда излишне. Но разве не это является преградой для проникновения в научную среду не обоснованных идей? Знакомство с логикой естественных наук, принятие этой логики делает наше мышление более четким, строгим, критичным. Такие качества мышления не мешают специалисту любого профиля.

5. Естествознание – это не только законы, открытия и их реализация на практике. Естествознание – это борьба идей и личностей, стоящих за ними. Естествознание имеет многовековую историю. И совсем не лишними являются знания о натурфилософах, начинавших науку, о великих ученых, совершивших тот или иной переворот в науке.

Вот для чего следует изучать предмет «Концепции современного естествознания».

ТЕМА 1. ИСТОРИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ: КОПЕРНИКАНСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ, КЛАССИЧЕСКОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

1.1 Коперниканская революция

Н. Коперник (1473–1543)

В эпоху раннего средневековья в Европе безраздельно господствовала библейская картина мира. Затем она сменилась догматизированным аристотелизмом и геоцентрической системой Птолемея. Постепенно накапливающиеся данные астрономических наблюдений подтачивали основы этой картины. Система мира Птолемея была несовершенна, сложна и запутанна. Попытки сделать эту систему более точной лишь усложняли ее.

Система Птолемея не была системой в прямом смысле этого слова. Фактически в ней речь шла об отдельных движениях небесных тел, не связанных в некое системное целое.

Кроме того, создание гелиоцентрической системы было связано:

- с необходимостью реформ Юлианского календаря, в котором две основные точки – равноденствие и солнцестояние* – потеряли связь с реальными астрономическими событиями. Дата весеннего равноденствия (установленная в IV в. н.э. на 21 марта) к XVI в. отставала от действительной даты на 10 дней;
- с мореходной практикой: нужны были точные таблицы для вычисления положения Луны и Солнца для данного места и данного времени;
- с потребностями астрологии.

Гелиоцентрическая система была создана великим польским астрономом Николаем Коперником.

Сорок лет своей жизни Коперник занимался созданием новой системы мира. Его работа заключалась, главным образом, в математических вычислениях. Его собственные наблюдения немногочисленны и проводились с помощью самодельных примитивных устройств. К наблюдениям неба он прибегал для проверки своих выводов, а не для того, чтобы открывать новые явления.

Анализ движения небесных тел привел Коперника к мысли о том, что именно Солнце является центром, вокруг которого обращаются известные к тому времени планеты.

В 1505–1507 гг. Коперник в «Малом комментарии» изложил принципиальные основы гелиоцентрической астрономии. Теоретическая обработка астрономических данных была завершена к 1530 г. Но только в 1543 г. вышла в свет

главная книга Коперника «Об обращении небесных сфер», в которой изложена математическая теория гелиоцентрической системы.

Книга «Об обращении небесных сфер» наполнена математическими чертежами и таблицами, и в те далекие времена во всей Европе книгу Коперника могли понимать только единицы. Но для этих немногих читателей книга Коперника была действительно полезной. Выражаясь образно, она была расписанием движения небесных светил.

На первых порах казалось, что система Коперника проще и точнее системы Птолемея, и ее сразу же использовали в практических целях. На ее основе составили «Прусские таблицы» (1551), уточнили длину тропического года, провели реформу календаря (1582), ввели новый, григорианский стиль.

Затем стало ясно, что теория Коперника при расчетах не намного проще птолемеевской, а по точности предвычислений положений планет на длительный промежуток времени практически не отличалась от нее.

Это охладило первоначальное восторженное отношение к теории Коперника. Кроме того, до 1616 г. вообще отсутствовали прямые наблюдательные подтверждения движения планет вокруг Солнца.

В 1616 г. Галилео Галилей открыл фазы Венеры. Это было первым прямым подтверждением движения планет вокруг Солнца. Первое прямое наблюдательное подтверждение орбитального движения Земли вокруг Солнца было получено английским астрономом Джеймсом Брадлеем (1693–1762) в 1727–1729 гг. А вращение Земли вокруг своей оси было доказано французским физиком Жаном Фуко (1819–1868) в 1851 г. на опытах со свободно качающимися маятниками**.

Книга Коперника «Об обращении небесных сфер» – это первый набросок гелиоцентрической системы. Понятие Коперника о мире существенно отличается от наших представлений. Он считал Солнце центром Вселенной, а все звезды по его представлениям находятся на одинаковом расстоянии от Солнца и размещены на неподвижной сфере. Планеты у него движутся по окружностям.

Книга Коперника не произвела той сенсации, какую должна была произвести. Ни друзья, ни враги ее не оценили по достоинству. И все же, невзирая на то, что современники Коперника даже не поняли значение теории Коперника, она вызвала революционное преобразование всего естествознания и имела огромное историческое значение, которое заключалось в том, что она:

– подорвала ядро религиозно-феодалного мировоззрения, основания старой научной картины мира;

– явилась одной из важнейших предпосылок ньютоновской революции в физике и создания классической механики;

– определила разработку новой, научной методологии познания природы; Коперник впервые в истории познания показал, что сущность может быть понята только после тщательного изучения явления.

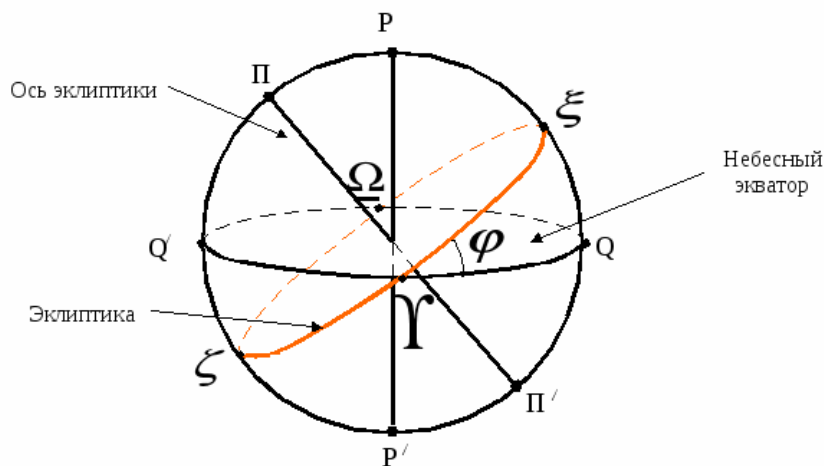
Книга Коперника вышла в свет с предисловием протестантского богослова Оссиандера, в котором был поставлен вопрос об отношении книги к догматам религии. В предисловии сказано: «...гипотезы Коперника могут быть и несправедливыми, могут быть даже невероятными; достаточно, если они приводят нас к вычислениям, удовлетворяющим нашим наблюдениям». И далее: «...астроном без божественного откровения не в состоянии что-либо открывать или что-либо нам передавать».

Другой известный протестант Мартин Лютер объявил Коперника дураком, «который хочет перевернуть все искусство астрономии». Таковы были первые выступления церковников против учения Коперника.

Смерть избавила Коперника от церковной кары. Пострадали позднее его последователи, и в первую очередь итальянский философ и поэт Джордано Бруно (1548–1600), который не только воспринял учение Коперника, но и развил его дальше. Церковь почуяла в учении Бруно сильного и опасного врага. Он был схвачен инквизицией и сожжен. И только совсем недавно итальянский ученый был реабилитирован католической церковью.

Примечания

*Точки равноденствия и солнцестояния



Равноденствие – явление, когда центр Солнца в своем видимом движении по эклиптической пересекает небесный экватор.

Эклиптика – большой круг небесной сферы, по которому происходит видимое годовое движение Солнца.

Небесный экватор – большой круг небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна оси мира и совпадает с плоскостью земного экватора. Небесный экватор делит небесную сферу на два полушария: северное полушарие и южное.

Весеннее равноденствие 20 или 21 марта.

Осеннее равноденствие 22 или 23 сентября.

В эти дни продолжительность дня и ночи одинакова.

Солнцестояние – момент прохождения центра Солнца через точки эклиптики, наиболее удалённые от экватора небесной сферы.

Различают зимнее и летнее солнцестояние. В северном полушарии зимнее солнцестояние происходит 21 или 22 декабря, а летнее солнцестояние происходит 21 июня (в високосные годы 20 или 21 июня). День зимнего солнцестояния является самым коротким. День летнего солнцестояния является самым длинным.

****Эксперимент Ж. Фуко**

Впервые публичная демонстрация эксперимента, доказывающего вращение Земли вокруг своей оси, была осуществлена французским физиком и астрономом **Жаном Фуко** в 1851 г. в **Парижском Пантеоне**: под куполом Пантеона он подвесил металлический шар массой 28 кг с закреплённым на нём остриём на стальной проволоке длиной 67 м, крепление маятника позволяло ему свободно колебаться во всех направлениях, под точкой крепления было сделано круговое ограждение диаметром 6 метров, по краю ограждения была насыпана песчаная дорожка таким образом, чтобы маятник в своём движении мог при её пересечении прочерчивать на песке отметки. Чтобы избежать бокового толчка при пуске маятника, его отвели в сторону и привязали верёвкой, после чего верёвку пережгли.

Период колебания маятника при такой длине подвеса составлял 16,4 секунд, при каждом колебании отклонение от предыдущего пересечения песчаной дорожки составляло ~3 мм, за час плоскость колебаний маятника повернулась более чем на 11 мм по часовой стрелке, то есть примерно за 32 часа совершила полный оборот и вернулась в прежнее положение.

Маятник Фуко является **математическим маятником**, плоскость колебаний которого медленно поворачивается относительно земной поверхности в сторону, противоположную направлению вращения Земли.

1.2 Возникновение классического естествознания

И. Кеплер (1571–1630)

Но искоренить учение Коперника не удалось. В те годы, когда инквизиция пыталась Бруно, в Австрии появилась книга молодого астронома Иоганна Кеплера «Космографическая тайна». В ней автор, безоговорочно принимая систему

Коперника, ставит задачу установить математическую закономерность между орбитами различных планет.

В 1601 г. после смерти выдающегося датского астронома Тихо Браге, в руки Кеплера попали журналы его многолетних наблюдений планеты Марс. Материал Т. Браге лег в основу знаменитых законов Кеплера.

Два первых закона планетных движений были опубликованы в 1609 г. в его сочинении «Новая астрономия».

Первый закон утверждал эллиптическую форму орбит; второй закон показывал, что планеты движутся по орбитам неравномерно.

Далее Кеплер задался вопросом, какие силы движут планетами и удерживают их в единой солнечной семье. Он выдвигает две рабочие гипотезы:

1) движущая сила сосредоточена в каждой планете; 2) движущая сила одинакова для всей системы и сосредоточена в Солнце. Кеплер останавливается на второй гипотезе. А в 1619 г. он устанавливает третий закон – «квадраты времен обращения планет вокруг Солнца относятся как кубы средних расстояний этих планет от Солнца». Стало ясно, что движением планет управляет Солнце.

Своими законами Кеплер разрушил две абсолютные истины древних. Начиная с Аристотеля, считали, что механические движения на Земле и на небе имеют разную природу. Небесным совершенным телам свойственно и совершенное движение. А самое совершенное движение – это движение по окружности. Поэтому идеальные небесные тела могут совершать только вечное, идеальное круговое движение. Первый закон Кеплера опроверг это утверждение. Кроме того, считалось, что небесные тела движутся с постоянной скоростью. Вторым своим законом Кеплер опроверг и это утверждение.

Г. Галилей (1564–1642)

Галилео Галилея – выдающаяся личность переходной эпохи от Возрождения к новому времени. Смысл своего творчества Галилей видит в физическом обосновании гелиоцентризма. Он закладывает основы экспериментального естествознания: показывает, что естествознание требует умения делать научные обобщения из опыта, а эксперимент – важнейший метод научного познания.

Почти в то же время, когда И. Кеплер опроверг взгляды Аристотеля на движение небесных тел, Галилей опровергает взгляды Аристотеля на движение земных тел.

Согласно Аристотелю, чем тяжелее тело, тем быстрее оно падает. Эти выводы Аристотеля как будто бы подтверждаются наблюдением. Хорошо известно, что тела падают ускоренно, и что свинцовая гиря падает быстрее пушинки. Неудивительно, что это мнение принималось без критики и продержалось около 2 тыс. лет.

Галилей подверг законы падения опытному и математическому исследованию и нашел хорошо известные нам теперь из учебника физики законы равноускоренного движения. В 1609 г. до Галилея дошли слухи об изобретенной в Голландии оптической трубе. Галилей самостоятельно разработал принцип ее устройства, построил и усовершенствовал ее, добившись 30-кратного увеличения.

Галилей начинает наблюдать в телескоп небо, и, прежде всего, Луну. Он замечает на ее поверхности маленькие круглые пятна и предполагает, что на Луне есть рельеф (горы и впадины). По тени гор Галилей рассчитывает их высоту. Он начинает понимать, что Аристотель заблуждается (Аристотель считал небесные тела идеальными, шарообразными предметами; горы и впадины были недопустимы).

Затем Галилей обратил внимание на Юпитер. Он видит, что около Юпитера располагаются три «звезды», которые с каждой ночью меняют свое положение. Галилей продолжает наблюдение и понимает, что эти «звезды» – спутники Юпитера, они обращаются вокруг него. Открытие чудесного мира Юпитера произвело на всех сильное впечатление. Этот мир наглядно рисовал картину того, как устроена Солнечная система, как движутся Земля и планеты вокруг Солнца.

Галилей направил свой телескоп на Сатурн. Как ни слаб был его телескоп, но он показал Сатурн удлинненным, как бы с двумя придатками по сторонам. В таком виде Галилею предстало кольцо Сатурна. Открыть истинный смысл замеченного Галилей не смог (открыл кольца Сатурна позднее Х. Гюйгенс) и прекратил наблюдения Сатурна.

Затем Галилей совершил новое открытие – он заметил фазы Венеры. Открытие несомненно доказывало шарообразность этой планеты, а также то, что она не обладает собственным светом. Венера подобна Луне, а Луна подобна Земле – таким образом, выяснялся вопрос о том, что представляют собой планеты, а это вызывало глубокие размышления о мироздании. Известно, что противники учения Коперника, считали, что именно отсутствие фаз Венеры явля-

ется доказательством несостоятельности учения Коперника. Поэтому данное открытие Галилея имело огромное значение для поддержки учения Коперника.

Позднее объектом исследований Галилея становится Солнце. Он замечает на Солнце медленно движущиеся пятна. Это приводит к мысли, что Солнце вращается. По перемещению пятен он рассчитывает, что Солнце совершает оборот вокруг своей оси за месяц. Эти данные – очередное расхождение теории Коперника со священным писанием.

Таким образом, Галилеем были найдены наглядные и убедительные доказательства в пользу системы Коперника. Галилей выпускает книгу «Звездный посланник», в которой рассказывает о своих замечательных открытиях.

В 1632 г. Галилей опубликовал книгу «Диалог о двух системах мира: птолемеевой и коперниковой». В этой книге в форме диспута-беседы между сторонниками нового учения и приверженцем старых взглядов разбираются доводы в защиту системы Коперника. Галилей подходит к важнейшему понятию механики – инерции, правда, не давая ее полной и точной формулировки. Здесь же Галилей проводит мысль, что в системе, движущейся равномерно и прямолинейно, невозможно никакими наблюдениями над движением тел обнаружить движение этой системы. Это положение в науке получило название принципа относительности.

В 1638 г. вышел последний замечательный труд Галилея – «Беседа о двух новых науках», в котором систематически изложены учения о сопротивлении материалов и о механическом движении, полностью ниспровергающие старую механику Аристотеля.

Историческая заслуга Галилея перед естествознанием состоит в следующем:

- он ввел в науку эксперимент;
- разграничил понятия равномерного и неравномерного движения;
- сформулировал понятие ускорения;
- сформулировал принцип инерции;
- выработал понятие об инерциальных системах;
- сформулировал принцип относительности;
- открыл принцип суперпозиции;
- создал раздел науки о движении – кинематику;
- сформулировал некоторые принципы классической механики;
- развил законы статики;
- заложил основы небесной механики.

Ф. Бэкон (1561–1626)

Френсис Бэкон – английский юрист и философ. За 20 с лишним лет до рождения Ньютона вышла его книга «Новый органон» (т.е. «Новое орудие»). Эта книга – начало новой материалистической философии, основанной на опытном естествознании.

В своем произведении Бэкон резко критикует средневековую философию и науку, указывает на ее полную бесплодность, в то время как техника, наоборот, развивается и совершенствуется. Бэкон указывает, что технический прогресс беспределен. Он считает, что «*для расширения границ умственного мира*» надо исходить из опыта, обобщать полученные сведения в научные положения и законы, проверять эти законы практикой, опытом.

Таким образом, Бэкон теоретически обосновал метод новой науки – опытного естествознания, которым с успехом пользовался Галилей и другие деятели новой науки.

Наука занимает прочную позицию во всей философии Бэкона, широко известен его крылатый афоризм «Знание – сила». Дифференцированные части науки философ пытался связать в единую систему для целостного отражения картины мира.

Бэкон указывал, что для успеха науки необходима коллективная разработка научных вопросов, организация научных обществ и учреждений. Эту программу начали осуществлять в Италии и в Англии, создавая академии опыта и различные научные кружки, на которых рассматривали различные вопросы естествознания.

Френсис Бэкон внес огромный вклад в развитие английской и общеевропейской философии, в зарождение абсолютно нового европейского мышления, явился родоначальником индуктивного метода познания и материализма.

Его философия оказала огромное влияние на развитие философского и научного знания. Бэкон ярко выразил дух новой науки, призвав к опыту и эксперименту.

Рене Декарт (1596–1650)

Рене Декарт (Картезиус) – французский философ, математик, физик, физиолог. Он поставил задачу заменить систему Аристотеля такой системой, в основе которой лежали бы простые и ясные принципы. В качестве таких принципов Декарт рассматривал материю и ее движение. Весь мир по Декарту – это непрерывная протяженная материя: пространство, части которой находятся в

постоянном движении. Таким образом, Декарт закладывает основы механистического мировоззрения. *«Дайте мне материю и движение – и я построю мир».*

Декарт разработал рационалистическую методологию теоретического естествознания. Основным принципом этой методологии – простота и ясность. Для доказательства он использует логические, математические рассуждения, для проверки результатов применяет опыт.

Рационалистическая методология приводит Декарта к разработке аналитической геометрии.

Декарт – основоположник научной космогонии. Он автор первой новоязропейской теории происхождения Вселенной.

Суть космогонии Декарта в следующем. Природа была создана Богом в виде хаотически перемещающейся однородной материи, состоящей из элементов различной формы и размеров. Формируются три группы элементов материи, которые он образно называет «огонь», «воздух» и «земля».

Из хаоса образуются вихри, каждый из которых имеет свой центр. Элементы материи находятся в постоянном движении, взаимодействии. Из них образуются небо (из элементов воздуха), Солнце и звезды (из элементов огня). Элементы земли образуют планеты. Каждая планета вовлекается своим вихрем в круговое движение вокруг Солнца.

Таким образом, законы природы заставили материю расположиться в стройном порядке, принять форму нашего «совершенного» мира.

Гипотезу Декарта можно назвать умозрительной космогонией, натурфилософской схемой, не обоснованной математически. Однако достоинством этой гипотезы была присущая ей эволюционная картина мира.

Большая часть XVIII в. в истории естествознания прошла под знаком борьбы картезианства с ньютономанством. Идеи Ньютона были более прогрессивными, чем Декарта. Несмотря на это, общие идеи Декарта продолжали оказывать серьезное влияние на формирование научных взглядов XVIII и даже XIX вв., а разработанная им идея космического вихревого движения не раз возрождалась в астрономии и космогонии вплоть до XX в.

Великий Ньютон имел все основания заявить: *«Если я вижу дальше Декарта, то это только потому, что стою на плечах гиганта».*

Х. Гюйгенс (1629–1695)

Христиан Гюйгенс был непосредственный приемник Г. Галилея. Ему было суждено усовершенствовать и развить важнейшие открытия Галилея. Суще-

ствует рассказ, как в первый раз Гюйгенс соприкоснулся с идеями Галилея. Семнадцатилетний Гюйгенс собирался доказать, что брошенные горизонтально тела движутся по параболе, но, обнаружив доказательство в книге Галилея, не захотел «писать «Илиаду» после Гомера».

Механика Гюйгенса

Одним из важнейших открытий Гюйгенса было изобретение часов с маятником, которое он запатентовал.

В тридцать лет Гюйгенс раскрывает секрет кольца Сатурна. Кольца Сатурна были впервые замечены Галилеем в виде двух боковых придатков, «поддерживающих» Сатурн. Наблюдая небо в 92-кратный телескоп, Гюйгенс обнаруживает, что за боковые придатки принималось кольцо Сатурна.

В 1673 г. выходит в свет его сочинение «Маятниковые часы», где даны теоретические основы изобретения Гюйгенса.

Исследуя криволинейное движение тяжелой точки, Гюйгенс, продолжая развивать идеи Галилея, показывает, что тело при падении с некоторой высоты по различным путям приобретает конечную скорость, не зависящую от формы пути, а зависящую лишь от высоты падения.

В конце своего сочинения ученый дает ряд предложений о центростремительной силе и устанавливает, что центростремительное ускорение пропорционально квадрату скорости и обратно пропорционально радиусу окружности. Этот результат подготовил ньютоновскую теорию движения тел под действием центральных сил.

Из механических исследований Гюйгенса, кроме теории маятника и центростремительной силы, известна его теория удара упругих шаров.

Гюйгенс строит механический планетарий, гигантские семидесятиметровые телескопы, наблюдает планеты.

Оптика Гюйгенса

В 1690 г. он издает «Трактат о свете», который вошел в историю науки, как первое научное сочинение по волновой оптике. В трактате сформулирован принцип распространения волны, известный ныне нам под названием принципа Гюйгенса. На основе этого принципа выведены законы отражения и преломления света, развита теория двойного лучепреломления в исландском шпате.

Теория распространения и преломления света в одноосных кристаллах – замечательное достижение оптики Гюйгенса. Гюйгенс описал также исчезновение одного из двух лучей при прохождении их через второй кристалл при опре-

деленной ориентировке его относительно первого. Таким образом, Гюйгенс был первым физиком, установившим факт поляризации света.

Прямолинейность распространения света он объясняет исходя из существования эфира. Причем эфир должен был обладать и абсолютной твердостью и свойством проникновения во все тела, что было совершенно не реально. Кроме того, Гюйгенс считал световые волны аналогичными звуковым волнам, т.е. продольными.

Р. Гук (1635–1703)

Роберт Гук – сын пастора, учился в Оксфордском университете, специализировался по астрономии и несколько лет работал вместе с Робертом Бойлем, помогая ему в знаменитых исследованиях над сжимаемостью воздуха. С 1663 г. Гука пригласили «экспериментатором» в Королевское Общество. Его обязанностью было подготавливать и демонстрировать на заседаниях Общества различные опыты как свои собственные, так и повторение, и проверку опытов других лиц. Демонстрации Гука составляли основу заседаний Общества, без них общество едва ли получило такую известность.

Гук был физиком, химиком, астрономом и вместе с тем одаренным архитектором, по его проектам в Лондоне построен ряд домов, учреждений и церквей. Это был человек с оригинальной фантазией и изобретательностью. Живость ума, связанная с крайней неустойчивостью характера, отсутствием выдержки и настойчивости и болезненным самолюбием, была поистине роковой для Гука. Почти ни одно его изобретение, ни одна идея, ни один опыт не доводились до конца, а бросались на полдороге. Возникали непрерывные недоразумения, обиды, зависть, споры из-за приоритета, заполнявшие жизнь Гука. Почти всякий талантливый ученый современник становился врагом Гука, потому, что деятельность Гука в науке и технике была столь разнообразной, что постоянно приходилось затрагивать вопросы, так или иначе им изучавшиеся; поэтому разгорались споры о приоритете и даже плагиате. Постоянная торопливость в работе и незнакомство с литературой нередко приводили Гука к открытию уже известных фактов. Некоторые биографы, повторяя ошибку самого Гука, обвиняли последнего в сознательном плагиате, но оснований для этого мало. Гук был настолько талантлив и разносторонен, что не приходилось сомневаться в оригинальности и самостоятельности большинства его опытов, идей, изобретений.

Перу Гука принадлежит классическая «Микрография» (1665), занимающая важное место в истории физической оптики и микроскопии. С его именем свя-

зано первое самостоятельное изучение цветов тонких пластинок, причем он дал этому явлению толкование с точки зрения волновой теории света. Независимо от итальянского ученого физика и астронома Франческо Гримальди (1618–1663), хотя и позднее его, Гук открыл явление дифракции, искривление света при прохождении его около острого края экрана (бритвы). Гуку принадлежат первые эскизы теории тяготения, напоминающей современную теорию гравитации; им впервые описано клеточное строение растений; он автор «закона Гука» в теории упругости, им введена температура замерзания воды в качестве основной термометрической точки.

В 1936 г. издан большой дневник Гука, охватывающий 18 лет. Из дневника можно судить о разнообразии занятий и интересов Гука, об огромном обществе, в котором он вращался. Общительность Гука отразилась хотя бы в том, что в его дневнике упоминается свыше сотни кофеен и трактиров, посещавшихся им.

Ясно, что по складу своего ума, жизни и характеру Гук был прямым антиподом настойчивому, замкнутому, терпеливому Ньютону, с его исключительной выдержкой, способностью проводить работу до конца и выжидать публикации работ целыми десятилетиями, математически точным умом и щепетильной аккуратностью в эксперименте. Судьба свела эти две противоположные натуры в Лондонском Королевском Обществе, и столкновение было неизбежным.

И. Ньютон (1643–1727)

В 1661 г. Ньютон поступает в Тринити-колледж (колледж святой Троицы). С этого момента и до 1696 г. жизнь Ньютона связана с этим учебным заведением. Здесь он последовательно проходит все ступени – от студента до члена колледжа и профессора, здесь создано его величайшее научное творение – «Математические начала натуральной философии», здесь он сделал все свои великие открытия.

В январе 1665 г. Ньютон получает степень бакалавра и уезжает в деревню из-за эпидемии чумы. В деревне он окончательно обдумал свои открытия, подготовку к которым он начал еще в студенческие годы. К этим открытиям относятся новый математический метод (дифференциальное и интегральное исчисления), разложение света и закон всемирного тяготения. За год Ньютон написал пять статей, посвященных новому математическому методу, но ни одну не

опубликовал. То, что Ньютон не спешил с опубликованием своих открытий – одна из удивительных его черт.

В 27 лет Ньютон становится профессором Кембриджского университета. С тех пор Кембридж стал славиться не только богословием, но также физикой и математикой, а получение кафедры, на которой работал Ньютон, стало делом чести для английских ученых.

За какие же заслуги молодой ученый получает должность профессора кафедры?

Мы знаем, что им разработан новый математический метод, но он не опубликован. Можно предположить, что Ньютон использует его для решения математических задач, которые циркулировали в тогдашнем ученом мире. Но не только за это. Речь идет о его оптических работах, которые сделались главным занятием его в первые годы профессорской деятельности.

Ньютон занимается усовершенствованием телескопов. Он изготовил модель нового телескопа-рефлектора*(1668 г.). Через три года построил второй телескоп-рефлектор еще более мощный. Этот телескоп вызвал большую сенсацию, он был послан в Лондон, где его осмотрели король и члены Королевского общества. Телескоп получил единодушное одобрение, и в 1672 г. Ньютон был избран членом Лондонского Королевского общества.

**Рефлектор – телескоп, в котором в качестве объектива применяют вогнутое зеркало (телескоп Ньютона).*

Рефрактор – телескоп, в котором в качестве объектива применяют линзы (телескоп Галилея).

Шестого февраля 1672 г. Ньютон доложил в Королевском обществе о своей новой теории света и цветов. Выступившие после его доклада члены Королевского общества не признали его теорию новым знанием, внесенным в науку, обвинили его в плагиате, в заимствовании чужих открытий. К сожалению, в числе критиков и обвинителей оказались известные ученые-физики Гук и Гюйгенс.

Обвинения в присвоении чужих идей выпали на долю каждого открытия Ньютона: его приоритет в изобретении нового математического метода оспаривал немецкий философ и математик Готфрид Лейбниц (1646–1716), в открытии закона тяготения – Гук. Это обстоятельство можно объяснить тем, что открытия Ньютона, при всей их глубине и значимости, не явились откровением, они подготавливались всем развитием науки; как принято говорить, «идеи носились

в воздухе». Но Ньютон довел эти идеи до такого совершенства и законченности, как никто из его современников. Он глубже и дальше всех проник в то новое, что заключалось в этих идеях. Поэтому мы с полным основанием считаем автором упомянутых открытий именно Ньютона. Полемика по поводу оптических открытий Ньютона тянулась несколько лет. Раздраженный ученый принял решение не публиковать никаких своих работ по оптике, пока жив Гук, и сдержал это обещание «...я убедился, что либо не следует сообщать ничего нового, либо придется тратить все силы на защиту своего открытия».

Перейдя от вопросов оптики к вопросам тяготения и механики, Ньютон с большим напряжением долгие годы работает над этими проблемами. Мысль о силе, которая заставляет планеты двигаться вокруг Солнца по законам Кеплера, волновала многие умы. О ней думал и Гук, который нащупал правильный закон силы, и другие члены Королевского общества, известный лондонский архитектор английский архитектор и математик Кристофер Рен (1632–1723) и астроном Эдмунд Галлей (1656–1742). Они даже сформулировали соответствующую задачу: доказать, что под действием силы, действующей обратно пропорционально квадрату расстояния от Солнца, планета движется по эллипсу. Но решить эту задачу они не смогли. Галлей решил обратиться за помощью к Ньютону. Ньютон ответил, что эта задача им решена, и послал свою рукопись Галлею (1864 г.). Галлей немедленно поставил перед Королевским обществом вопрос о ее опубликовании. Ньютон не соглашался на печатании части своего труда. Только 28 апреля 1686 г. он представил рукопись книги «Математические начала натуральной философии». Печатание этой книги задержалось вследствие ряда причин, в том числе из-за претензий Гука, считавшего, что именно он открыл закон тяготения. Ньютона разгневали эти притязания, он указывал, что закон тяготения в той форме, о которой говорил Гук, был открыт им еще 20 лет назад. В конце концов, препятствия были устранены, и в середине 1687 г. великое творение Ньютона вышло в свет. С выходом этой книги закончилась эпоха борьбы за новую науку и мировоззрение и началась новая эпоха в развитии науки.

В 1704 г. вышла «Оптика» Ньютона. Она составлена из работ, написанных еще в Кембридже, печатание которых Ньютон отложил до смерти Гука. После кончины Гука у Ньютона не осталось причин задерживать это издание. К первому изданию «Оптики» были приложены два математических трактата: «О квадратуре кривых» и «Перечисление линий третьего порядка». Эта публикация послужила поводом к полемике с Лейбницем по вопросу о приоритете. Эта

полемика продолжалась до самой смерти Ньютона и доставила ему, как и Лейбницу, немало горьких минут.

Ныне установлено, что оба автора пришли к открытию независимо друг от друга. Ньютон сделал свое открытие несколькими годами раньше Лейбница, но ничего не публиковал по этому вопросу.

Несмотря на стремление Ньютона избежать споров, его неизбежно в них вовлекали, и не только при жизни. Речь идет о дискуссии, открытой редактором второго издания «Начал» учеником Ньютона Р. Котсом со сторонниками философии Декарта – картезианцами.

Картезианцы считали, что все взаимодействия тел, в том числе взаимное притяжение, обусловлены непосредственным давлением или ударами самих тел или разделяющей их промежуточной среды, которая может быть и неосязаемой. Однако им не удалось построить такого механизма взаимодействия, который приводил бы к наблюдаемым движениям планет. Ньютону же удалось объяснить движение планет, но он не пытался найти механизм взаимодействия тел, а заменил его математическим выражением силы, действующей на расстоянии между телами. *Сам Ньютон не считал, что природу тяготения нельзя раскрыть, он просто полагал, что уровень знаний его времени недостаточен для решения такой задачи.* Котс и его последователи, называвшие себя ньютонианцами, этот временный отказ Ньютона от объяснения механизма тяготения возвели в незыблемый принцип науки, которая должна ограничиваться только описанием явлений, не раскрывая глубоко их причин, которые якобы недоступны человеческому пониманию.

Ньютон писал: *«...вывести два или три общих начала движения из явлений и после этого изложить их было очень важным шагом в философии, хотя бы причина этих начал и не была еще открыта. Поэтому я, не сомневаясь, предлагаю принципы движения, указанные выше, имеющие весьма общее значение, и оставляю причины их для дальнейшего исследования».*

И далее он указывал, что причину тяготения *«до сих пор не мог вывести из явлений, гипотез же я не измышляю».*

Последнее выражение Ньютона ньютонианцы превратили в догмат, запрещающий гипотезы, и тем самым нанесли огромный ущерб науке.

То, что Ньютон сделал в науке, действительно колоссально по своему значению.

– Он завершил дело Коперника и Галилея и создал прочные основы физики и астрономии.

– Он нашел силы, связывающие планеты и Солнце в одну систему, под действием которой они движутся по законам Кеплера.

– Предсказания затмений, расписание движения планет и комет, предвычисление движений новых, до того неизвестных планет – все это основано на законах Ньютона.

– Ньютон не только разработал механику, которую называют ньютоновской, или классической. Он фактически стал родоначальником классической теоретической физики – сформулировал ее цели, разработал методы и программу развития.

– Методом исследования Ньютона стало проведение эксперимента, получение экспериментальных данных и выведение из них общих законов природы методом индукции.

– Классическая механика описывала движение небесных и земных тел одними и теми же законами. Все это позволяло говорить о единстве мира и рассматривать природу как сложную механическую систему. Таким образом, на базе классической механики была создана *механистическая картина Мира*.

Новые открытия в физике, вызвавшие изменения основных ее принципов, не отменили принципов, установленных Ньютоном, они только ограничили сферу их применения. В своей области законы Ньютона будут применяться всегда, пока существует человеческий род.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Законы Ньютона

Закон всемирного тяготения. Сила F взаимного притяжения материальных точек с массами m_1 и m_2 находящихся на расстоянии r друг от друга, равна: $F = Gm_1 \cdot m_2 / r^2$, где G – гравитационная постоянная.

Первый закон Ньютона. Существуют такие системы отсчета (называемые инерциальными), относительно которых любое тело, не взаимодействующее с другими телами, движется равномерно и прямолинейно.

Второй закон Ньютона. Если масса тела постоянная ($m = \text{const}$), то сила равна произведению массы тела на ускорение: $F = ma$.

Третий закон Ньютона. Два тела действуют друг на друга с силами, равными по модулю и направленными вдоль одной прямой в противоположных направлениях: $F = -F$.

Таким образом, первый закон Ньютона устанавливает существование инерциальных систем отсчета, второй и третий законы Ньютона выполняются

только в этих системах отсчета. Эти законы не применимы для движения объектов очень малых размеров, как атомы, и при движениях со скоростями близкими к скоростям света.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Теории света

История учения о свете развивалась главным образом по линии геометрической оптики. *Геометрической оптикой* называется раздел оптики, в котором все законы распространения света рассматриваются на основе представлений о световых лучах. В геометрической оптике были открыты законы распространения, отражения и преломления света.

Раздел физики, в котором изучается природа света, называется *физической оптикой*. В XVII в. почти одновременно в рамках физической оптики возникли две различные теории о природе света:

1. Корпускулярная теория, согласно которой свет – это поток частиц, идущих от источника света во все стороны. К корпускулярной теории склонялся, но не доказывал ее Ньютон.

2. Волновая теория света, согласно которой свет – это волны, распространяющиеся в особой среде эфире.

Волновую теорию поддерживал Гюйгенс. Первое научное сочинение по волновой оптике – это «Трактат о свете» Гюйгенса (1690). В этой книге он излагает свой знаменитый принцип: *«Каждая точка среды, до которой дошло возмущение, сама становится источником вторичных волн»*. С помощью этого принципа Гюйгенс выводит известные в геометрической оптике законы отражения и преломления света.

Обе теории света (корпускулярная и волновая) длительное время существовали параллельно. Известные в то время геометрические законы оптики более или менее успешно могла объяснить и одна и другая теория. Но в рамках волновой теории не могли объяснить прямолинейное распространение света, а в рамках корпускулярной теории не было ясно, почему световые пучки, пересекаясь в пространстве, не действуют друг на друга. Такая неопределенность длилась до конца XIX в.

В XIX в. англ. ученый Томас Юнг и французский физик Огюстен Френель опытным путем доказали волновую природу света с помощью явлений интерференции, дифракции и поляризации.

Интерференцией называется сложение волн, при котором происходит усиление или ослабление результирующих световых колебаний в различных точках пространства. С помощью явления интерференции Юнг объяснил визуально наблюдаемые различные цвета тонких пленок и так называемые «кольца Ньютона».

Дифракция – это огибание волнами краев препятствий. Эксперименты по дифракции света ставил Юнг, но количественную теорию дифракции разработал Френель.

Кроме того, Френель впервые на основе волновой теории объяснил прямолинейное распространение света, а затем с помощью явления поляризации доказал, что световые волны являются поперечными.

Поляризацией называется образования плоскополяризованного луча при прохождении света через некоторые кристаллы. В плоскополяризованном луче, колебания происходят только в одной определенной плоскости.

Современная теория света называется *электромагнитной*. Электромагнитная теория берет начало с работ англ. физика Джеймса Максвелла (1864), который чисто теоретически показал возможность существования электромагнитных волн и то, что скорость распространения этих волн в вакууме должна быть равна скорости света, которая к тому времени была известна. Также из теории Максвелла вытекало, что электромагнитные волны являются поперечными. Т.о., скорость электромагнитных волн и то, что они поперечные указывало на то, что электромагнитные волны – это те же самые световые волны.

Согласно современным представлениям видимый свет – это электромагнитные волны с длиной $4 \cdot 10^{-7} - 8 \cdot 10^{-7}$ м. Они излучаются при ускоренном движении электронов, входящих в состав атомов. Световые волны являются частью шкалы электромагнитных излучений, которая включает также низкочастотные и радиоволны, инфракрасное и ультрафиолетовое излучения, рентгеновское и гамма-излучения.

Можно сказать, что победила волновая теория света, но эта победа не является абсолютной. Согласно знаниям неклассической физики объектам микромира свойственна корпускулярно-волновая двойственность, а световые волны – это поток фотонов – элементарных частиц, объектов микромира.

ТЕМА 2. ЭЛЕМЕНТЫ СОВРЕМЕННОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ МИРА

2.1 Солнечная система

В Солнечную систему входят 8 планет, 159 спутников планет, астероиды, кометы, метеориты и т.п. Устойчивость Солнечной системы обеспечивается гравитационным притяжением Солнца, масса которого в 750 раз больше массы всех остальных тел Солнечной системы.

Планеты делятся на две группы: земную (Меркурий, Венера, Земля, Марс) и планеты-гиганты (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун). Плутон был открыт в 1930 г., но из-за удаленности от Земли ученые не могли вычислить размеры этой планеты. Считали, что она по массе приближается к массе Земли. Но оказалось, что это далеко не так. Плутон меньше нашего спутника Луны. Хотя вокруг этой «планеты» обращаются свои спутники. В конечном итоге Международный Астрономический Союз в 2006 г. принял решение – Плутон больше не считать планетой Солнечной системы. Плутон – просто огромная ледяная глыба на периферии Солнечной системы, где было открыто еще несколько таких глыб.

Группы планет различаются по массе, химическому составу, скорости вращения и количеству спутников. Все планеты вращаются вокруг своих осей. 7 планет вращаются в направлении их обращения вокруг Солнца. Уран вращается как бы «лежа на боку», а Венера – в обратном направлении и очень медленно. *Планеты земной группы* имеют относительно небольшие размеры и состоят из плотного вещества. *Планеты-гиганты* массивнее. Они состоят из легкого вещества и имеют малую плотность. У планет-гигантов нет твердой или жидкой поверхности, и атмосфера является продолжением их недр.

Ядра всех планет находятся в раскаленном состоянии.

Солнце и планеты имеют форму сферы, немного сплюснутой вращением. Планеты хотя и кажутся похожими на звезды, в действительности гораздо меньше последних и темнее. Они видны потому, что отражают солнечный свет, который кажется очень ярким потому, что планеты гораздо ближе к Земле, чем звезды.

Солнце

Солнце вращается со скоростью 2 км/с вокруг своей оси в направлении движения планет вокруг него.

Скорость движения Солнца вокруг центра Галактики – 220 км/с, Солнце совершает один оборот вокруг центра Галактики за 250 млн. лет. Этот период может быть назван галактическим годом.

Швейцарский астроном Якоб Эмден первым предположил, что Солнце целиком состоит из газа. Солнце относится к звездам второго поколения, так как в его состав, как и в состав и планет, вошел газ, побывавший в недрах более старых звезд.

Земля получает от Солнца энергию, которая характеризуется *солнечной постоянной (СП)*. СП определяют экспериментально. Максимальное излучение Солнца приходится на длину волны, соответствующей желтому цвету. Поэтому Солнце для нас желтое.

Температура на поверхности Солнца – 5700 К, в центре – 15 млн. К. На поверхности Солнца газ состоит из нейтральных атомов. Но уже на небольшой глубине от поверхности температура настолько высокая, что атомы распадаются, образуя плазму.

Химический состав Солнца определяют, изучая спектры. На Солнце обнаружено более 70 элементов. Из них водорода $\approx 70\%$, гелия $\approx 28\%$, на долю остальных элементов приходится менее 3%. Больше всего среди них кислорода, азота, углерода.

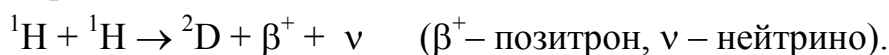
Условно в атмосфере Солнца выделяют три слоя – фотосферу, хромосферу и корону.

Равновесие Солнца, как и любой другой звезды, обеспечивается тем, что силы тяготения, стремящиеся сжать газовый шар, уравновешиваются силами внутреннего давления.

Источники энергии Солнца

В недрах Солнца и других звезд происходят термоядерные реакции. В ходе этих реакций одни химические элементы переходят в другие. В результате выделяется огромное количество энергии. В недрах Солнца температура такая высокая, что весь водород ионизирован, т.е. существует в виде протонов.

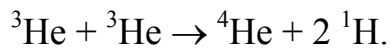
1. При взаимодействии двух протонов образуется ядро тяжелого водорода – дейтерия:



2. Образовавшиеся ядра тяжелого водорода недолго живут в недрах Солнца. Менее чем через 6 сек. они присоединяют к себе еще по одному протону и превращаются в ядра легкого гелия:



3. Затем из более легких ядер гелия возникают более тяжелые ядра гелия:



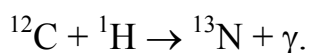
Эта цепочка называется *протон-протонным циклом*. В результате из четырех ядер водорода образуется одно ядро гелия. При этом выделяется тепло в количестве $6,3 \cdot 10^{11}$ Дж.

В результате этого синтеза Солнце каждую секунду теряет 4,6 млн. тонн водорода. По мнению ученых, этим способом оно и вырабатывает основную долю своей энергии.

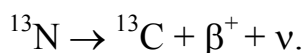
Вместе с тем в недрах Солнца идут и другие реакции – так называемые реакции *углеродного цикла*. Дело в том, что в составе солнечного вещества присутствуют ничтожные примеси ядер углерода с атомной массой 12. Они могут служить посредником преобразования протонов в ядра гелия.

Углеродный цикл

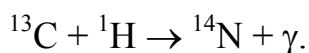
1. Протон взаимодействует с ядром углерода ${}^{12}\text{C}$:



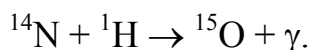
2. Через 14 минут азот-13 претерпевает радиоактивный распад:



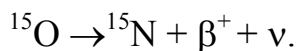
3. Через 2,7 млн. лет ядро атома углерода-13 захватывает второй протон, что приводит к возникновению устойчивого ядра азота-14:



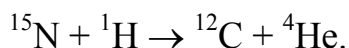
4. Это ядро в среднем раз в 32 млн. лет способно захватить третий протон и преобразоваться в ядро кислорода-15:



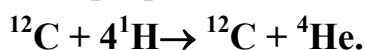
5. Ядро кислорода-15 очень быстро (в среднем через 3 мин.) выбрасывает позитрон и нейтрино, чтобы превратиться в ядро азота-15:



6. Наконец 100 тыс. лет спустя ядро азота-15 захватывает четвертый протон, выбрасывает ядро гелия и превращается в ядро углерода (${}^{12}\text{C}$):



Углеродные ядра в реакции не расходуются. Зато в результате цикла 4 протона превращаются в ядро гелия.



Синтез одного грамма гелия сопровождается выделением 175 тыс. квт·ч энергии.

Ядерные реакции происходят только в центральных областях Солнца, простирающихся не далее 0,3 радиуса от его центра. Энергия, выделяющаяся в результате термоядерного синтеза, передается наружу через огромную толщу раскаленной плазмы излучением от слоя к слою. Причем слои не меняются местами, а энергия, излученная нижним слоем, поглощается верхним и затем переизлучается. Происходит очень медленное, длящееся не менее миллиона лет просачивание излучения от центра к поверхности. На расстояниях около 0,3 радиуса от поверхности Солнца основным процессом переноса энергии является конвекция.

Земля

Основные характеристики

Среднее расстояние от Солнца – 150 млн. км.

Скорость движения вокруг Солнца – 30 км/с.

Орбита эллиптическая, почти круговая.

Диаметр – 12742 км.

Температура поверхности – от –89 до 58°C.

Число спутников – 1.

Наклон оси – 23°4′.

Средняя плотность – $5,5 \cdot 10^3$ кг/м³

Возраст Земли как космического тела – около 4,5 млрд. лет.

Луна

Основные характеристики

Радиус в 4 раза меньше радиуса Земли.

Масса в 81 раз меньше массы Земли.

Возраст – 3,5-4,5 млрд. лет.

Строго говоря, по эллиптической орбите вокруг Солнца движется общий центр масс системы Земля – Луна, находящийся внутри Земли.

Планеты земной группы

Меркурий, Венера, Земля, Марс имеют твердые поверхности, небольшие размеры и массы, средняя плотность их в несколько раз больше плотности воды. Меркурий не имеет атмосферы, атмосфера Венеры и Марса в основном со-

стоят из углекислого газа. На поверхности Венеры и Меркурия воды нет. На Марсе вода должна быть в виде тонкого слоя льда.

Планеты-гиганты

Планеты-гиганты Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун имеют сходные черты, к которым относятся:

- очень большие размеры и массы;
- очень быстрое вращение вокруг своих осей;
- вследствие отдаленности от Солнца имеют всегда низкие температуры;
- большое число спутников;
- отсутствие твердых поверхностей;
- малая плотность;
- состоят в основном из водорода и гелия;
- в числе спутников имеют кольца, которые представляют собой частицы и глыбы, движущиеся по своим орбитам.

Астероиды

Астероиды – малые планеты. Между орбитами Марса и Юпитера находится целый пояс астероидов. Астероиды движутся вокруг Солнца в ту же сторону, что и большие планеты. Самый большой астероид – Церера – имеет диаметр 1000 км. Масса астероидов мала, и поэтому они не могут удержать атмосферу. Предполагается, что за планетой Плутон также расположен пояс астероидов.

Метеориты

Метеориты делятся на три больших класса: *железные, каменные (хондриты) и железокремниевые*. Железные метеориты состоят в основном из никелистого железа. В земных горных породах естественный сплав железа с никелем не встречается, так что присутствие никеля в кусках железа указывает на его космическое (или промышленное) происхождение.

Включения никелистого железа есть в большинстве каменных метеоритов, поэтому космические камни, как правило, тяжелее земных. Главные же их минералы - силикаты (оливины и пироксены). Характерным признаком основного типа каменных метеоритов - *хондритов* - является наличие внутри них округлых образований - *хондр*. Хондры состоят из того же вещества, что и весь остальной метеорит, но выделяются на его срезе в виде отдельных зёрнышек. Их происхождение пока не вполне ясно.

Третий класс - железокремниевые метеориты - это куски никелистого железа

с вкраплениями зёрен каменных минералов.

Вообще метеориты состоят из тех же элементов, что и земные горные породы, но такое сочетание этих элементов на Земле не встречается. Это связано с особенностями образования тел, породивших метеориты.

Среди падающих на Землю преобладают каменные метеориты. Значит, таких кусков больше летает в космосе. Что касается находок, то здесь преобладают железные метеориты: они прочнее, лучше сохраняются в земных условиях, резче выделяются на фоне земных горных пород.

Большинство выпавших на Землю каменных и железных метеоритов – обломки астероидов. При движении таких обломков в земной атмосфере возникает мощная ударная волна. Происходит ионизация воздуха, на Земле образуются кратеры.

Кометы

Кометы – хвостатые звезды, движутся вокруг Солнца. Ежегодно астрономы обнаруживают 6-8 комет. Некоторые из них периодические, они в очередной раз возвращаются к Солнцу. Неоднократно приближалась к Солнцу, например, комета Галлея, период ее обращения – 76 лет. Орбиты комет – сильно вытянутые эллипсы. В перигелии кометы близко подходят к Солнцу, в афелии могут уйти за пределы орбиты Плутона.

Основные части кометы: голова, ядро, хвост. Ядро – центральное сгущение, в котором сосредоточено вещество кометы. Обычно оно состоит из замерзших газов: аммиака, метана, углекислого газа, циана и др., а также пылинок: металлических и каменных частиц всех размеров. Когда комета приближается к Солнцу, ядро прогревается, из него выделяются газы и пыль, которые окутывают ядро и образуют голову и хвост кометы. Хвост кометы состоит из очень разреженного вещества. Ядро, голова и хвост кометы светятся отраженным солнечным светом. На хвосты комет действует сила тяготения Солнца и сила отталкивания, которые создают потоки заряженных частиц, испускаемых Солнцем (солнечный ветер). От соотношения сил притяжения и отталкивания зависит траектория движения частиц, а, следовательно, и форма кометных хвостов.

Метеоры – падающие звезды. Метеор – это явление вспышки небольшого по размерам космического тела, вторгшегося со скоростью 11-73 км/с в земную атмосферу.

Болиды – большие метеоры.

Планетезимали – мелкие, твердые тела типа метеороидов и маленьких астероидов. Иногда верхней границей их диаметра считают 10 км; состоят из льдов и тугоплавких веществ, образовавшихся в протопланетной туманности и послуживших материалом при формировании больших планет, некоторых их спутников и крупных астероидов.

2.2 Гипотезы образования Солнечной системы

Солнечная система (СС) имеет ряд характерных особенностей:

- большая часть массы СС заключена в Солнце;
- плоскости орбит всех планет и всех спутников почти совпадают друг с другом и с плоскостью солнечного экватора;
- все планеты (кроме Венеры) и все спутники планет обращаются вокруг Солнца в направлении, совпадающем с направлением вращения Солнца;
- эллиптические орбиты планет и спутников очень близки к кругам;
- вокруг Сатурна расположен ряд концентрических колец;
- кометы двигаются либо по очень вытянутым эллипсам, либо даже по разомкнутым кривым – параболам;
- момент количества движения СС распределен достаточно странно: большая часть момента сосредоточена не в Солнце, а в Юпитере и Сатурне.

Любая гипотеза, пытающаяся объяснить происхождение СС, должна объяснить эти и другие ее особенности, что сделать достаточно сложно.

1. Гипотеза французского философа, математика, физика, физиолога Рене Декарта (1644).

Солнечная система образовалась из первичной туманности, имевшей форму диска и состоявшей из газов и пыли. Теория называется *монистической*.

2. Гипотеза французского естествоиспытателя Жоржа Луи Бюффона (1745).

Планеты образовались из вещества, которое было выбито скользящим ударом пролетающей близко кометы. Это *приливная гипотеза*.

3. Гипотеза немецкого философа Иммануила Канта (1755).

Он рисует картину происхождения Вселенной в целом и Солнечной системы в частности. Согласно Канту мироздание образовалось из пылевой туманности. В начальный момент все частицы туманности находились в покое. В туманности изначально имелись некоторые неоднородности, которые стали цен-

трами сгущения. Центры сгущения притягивали вещество из области туманности, подверженной их тяготению, и увеличивались в размерах. В конце концов, в пространстве образовались многочисленные громадные шары, один из которых впоследствии образовал Солнечную систему. Из других шаров образовались звезды.

В шаре, из которого образовалась Солнечная система, за счет сил притяжения, отталкивания, слипания также образуются центры сгущения на которых формируются Солнце и планеты. Этот процесс повторяется с образованием вокруг планет спутников.

4. Гипотеза французского математика, астронома, механика Пьера Симона Лапласа (1796).

Лаплас рассматривает происхождение только Солнечной системы.

Согласно гипотезе Лапласа Солнечная система образовалась из огромной газовой и очень горячей туманности. В центре туманности было большое сгущение (будущее Солнце). Сгущение медленно вращалось своей осью. Вращение привело к охлаждению туманности, уменьшению ее размеров и, соответственно, увеличению ее плотности. А уменьшение размеров привело к возрастанию скорости вращения. За счет центробежных сил туманность сплющивалась у полюсов и вытягивалась в плоскости экватора. Так как процесс охлаждения и сжатия туманности происходил непрерывно, то от туманности, вращавшейся все быстрее и быстрее, в экваториальной плоскости отрывались слой за слоем.

Таким образом, сплюснутая туманность превратилась в шар, окруженный почти плоским газовым кольцом, лежащим в экваториальной плоскости. Различия в угловой скорости частичек кольца привело к расслоению кольца на внутренние кольца, отделенные друг от друга промежутками. Кольца сбивались в газовые шары – будущие планеты.

5. Гипотеза англ. физика и астрофизика Джеймса Джинса (1916).

При случайном близком прохождении посторонней звезды мимо Солнца от Солнца отделился гигантский приливной выступ, который распался на сгустки планет.

6. Гипотеза академика О.Ю. Шмидта (1944).

Гипотеза возможного захвата Солнцем случайно встреченного протопланетного облака, которое позднее распалось на планеты.

7. Современная гипотеза образования Солнечной системы.

Около 5 млрд. лет назад существовало гигантское газовое облако, состоящее из водорода с небольшими примесями гелия и около 1% более тяжелых

элементов. Назовем это облако *протосолнечной туманностью*. Это холодное облако неправильной формы медленно вращалось. Собственные гравитационные силы сжимали туманность, вызывая ускорение ее вращения. В результате она приобрела сферическую форму, превратилась в гигантский диск с утолщением в центре. Газ в утолщении конденсировался, разогревался, возникшее излучение распространялось в периферические газовые слои. Это утолщение, в конце концов, стало нашим Солнцем.

По мере удаления от центра температура облака постепенно падала, так как газовые облака были плотные и излучению протосолнца трудно было пробиться на периферию.

Из туманности стали конденсироваться мельчайшие частицы. В более горячих внутренних слоях образовались зернышки железа, никеля и более тяжелых элементов; подальше – зернышки кремния, еще дальше – метана, аммиака и более легких элементов. Эти частички падали на центральную плоскость газового диска и образовали внутри него гигантское кольцо. Внутренние частицы в кольце двигались быстрее внешних, в результате они иногда сталкивались и слипались, превращаясь в камешки. Те также слипались, образуя астероиды. На поверхность астероидов падали кусочки вещества, и в результате стали появляться протопланеты – каменные тела, окруженные плотной атмосферой из водорода и гелия. Вся система была погружена в атмосферу водорода и гелия. В центре протосолнца температура стала приближаться к 15 млн. К. Начались ядерные реакции. Протосолнце превратилось в звезду. Мощная взрывная волна сорвала газовую оболочку с ближайших планет и очистила Солнечную систему от газового тумана. Наиболее близко расположенные планеты полностью лишились своего газового покрова, обнажились их каменные поверхности. Более удаленным и крупным планетам удалось сохранить часть атмосферы. Затем в результате радиоактивного распада внутренние области планет плавилась, началась вулканическая деятельность. На поверхность выбрасывались вулканические газы, составившие атмосферу планет. Атмосферная влага сконденсировалась в океаны.

2.3 Звезды

Основные характеристики звезд

К основным характеристикам звезд относятся: масса, радиус, плотность; блеск (звездная величина, абсолютная звездная величина), светимость; температура поверхностных слоев, цвет, спектральный класс; атмосфера звезд; кратность.

Масса звезд меняется в сравнительно узких пределах. Масса Солнца равна $2 \cdot 10^{30}$ кг. Очень мало звезд, масса которых больше или меньше солнечной в 10 раз.

Радиусы звезд меняются в широких пределах. Звезды, по своим размерам не превышающие Земной шар, относятся к карликам. Звезды, радиус которых в десятки и сотни раз превышает радиус Солнца, называются гигантами и сверхгигантами.

Плотность. Средние плотности звезд сильно отличаются друг от друга. У гигантов и сверхгигантов плотность очень мала. Очень большие плотности у белых карликов.

Блеск. Долгое время астрономы считали, что различие видимого блеска звезд связано только с их размерами (предполагалось, что звезды находятся от нас на одинаковом расстоянии). Еще александрийский астроном Гиппарх (II век до н.э.) разделил звезды на группы по блеску. Звезды с наибольшим блеском он назвал звездами первой величины (1^m), а едва различимые невооруженным глазом звезды отнес к звездам шестой величины (6^m). Разница в одну звездную величину соответствует изменению яркости в 2,512 раза.

Классификация звезд по звездным величинам сохранилась и в настоящее время. Только теперь звездные величины характеризуют не размеры звезд, а только их блеск. Шкала звездных величин сохранилась и уточнена. Современные астрономы измеряют яркость звезд с помощью инструментов, а звездные величины определяют с математической точностью, используя дробные величины.

Так как звезды находятся от нас на различных расстояниях, то их видимые звездные величины ничего не говорят о светимости звезд. Поэтому в астрономии, кроме понятия «*видимая звездная величина*», пользуются понятием «*абсолютная звездная величина*».

Звездные величины, которые имели бы звезды, если бы они находились на одинаковом расстоянии, называются *абсолютными звездными величинами* (M).

Светимость (L) – полное количество энергии, излучаемое звездой в единицу времени. Светимость звезд часто выражается в единицах светимости Солнца. По светимости звезды различаются в очень широких пределах.

Температура поверхностных слоев. Цвет. Спектральный класс

Температура определяет цвет звезды и ее спектр. Каждому значению показателя цвета соответствует определенный тип спектра. У холодных красных звезд цвет спектра характеризуется линиями поглощения нейтральных атомов металлов и некоторых простейших соединений. По мере увеличения температуры поверхности в спектрах исчезают молекулярные полосы, слабеют линии нейтральных атомов и появляются линии ионизированных атомов. **По виду спектра звезды сгруппированы в 7 классов: O – B – A – F – G – K – M.**

Класс O. Голубые звезды. Температура поверхности 40 тыс. К.

Основные линии спектра: ионизированный и нейтральный гелий, слабые линии водорода.

Класс B. Голубовато-белые звезды. $T > 10$ тыс. К. Линии водорода и гелия более четкие.

Класс A. Белые звезды. T от 10 до 7,5 тыс. К. В спектре присутствуют широкие интенсивные линии водорода. Линий гелия нет. Появляются слабые линии металлов.

Класс F. Желтовато-белые звезды. T от 7,5 до 6,05 тыс. К. Линии водорода слабее, чем в классе A, много линий ионизированных металлов в частности железа.

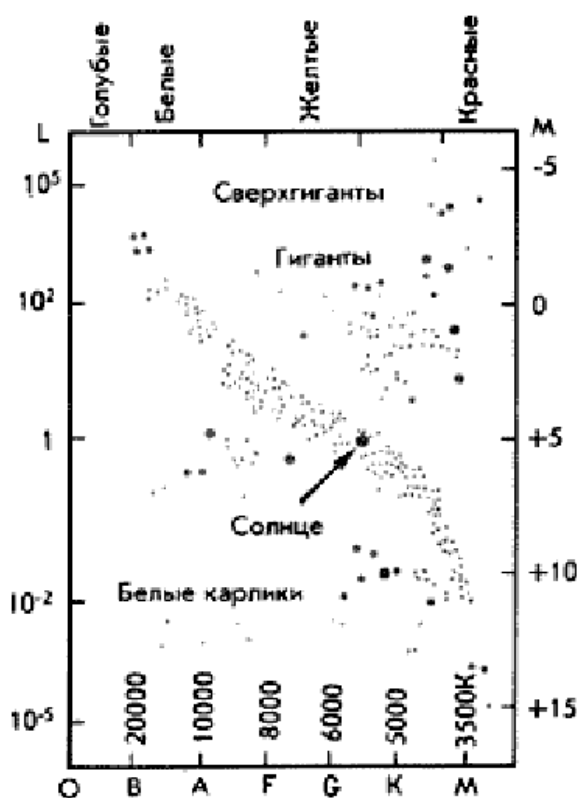
Класс G. Желтые звезды. $T \approx 5,5$ тыс. К. Спектр подобен солнечному.

Класс K. Красно-оранжевые. $T \approx 4,1$ тыс. К. Очень слабые линии водорода, усилены линии нейтральных металлов, видны слабые полосы молекул CN и SiN.

Класс M. Красные звезды. 2,8 тыс. К. В спектре интенсивные линии металлов, а также полосы молекул, особенно оксида титана.

Классы O – F принято называть ранними, классы G – M поздними.

Кроме температуры звезд и соответственно спектрального класса, большое значение имеет *светимость звезд*. Выделено 5 классов светимости от – I до V.



Первое сопоставление светимости звезд с их спектральными классами было сделано в 1905 – 1913 гг. На основании данных о светимости и спектральном классе звезды можно построить диаграмму «спектр – светимость». Такая диаграмма была составлена датским астрономом **Эйнаром Герцшпрунгом** и американским астрофизиком **Генри Рессалом** для звезд из окрестности Солнца

Диаграмма «Герцшпрунга-Рессела»

Кратность

Значительное число звезд (30 – 50 %) образуют двойные, тройные и другие кратные системы. Звезды, образующие кратные системы, астрономы называют *компонентами системы*. В некоторых случаях компоненты системы находятся на довольно большом расстоянии друг от друга. Они просто проецируются рядом на небесную сферу, но физически друг с другом не связаны.

Такие двойные звезды называются *оптическими двойными*. В большом числе случаев компоненты двойных систем расположены настолько близко, что их нельзя наблюдать отдельно. Такие двойные системы называются *физически-двойными*.

Эволюция звезд

Согласно современным представлениям, *звезды образуются путем конденсации межзвездной среды*. В межзвездной среде находится очень разреженный газ, в состав которого входят атомы водорода, гелия и небольшое количество атомов металла, а также простейшие молекулярные соединения. Температура межзвездного газа – около 100 К или ниже. Кроме газа, в состав межзвездной среды входит космическая пыль. Предполагается, что космическая пыль – это кристаллики льда.

Пространственная плотность газопылевой среды меняется нерегулярно. Существуют газопылевые облака с плотностью в 100 раз больше средней. Эти облака сосредоточены преимущественно в спиральных ветвях Галактики. Наиболее плотные облака наблюдаются как туманности.

Звезды светят благодаря термоядерному синтезу, протекающему в их недрах, и, следовательно, продолжительность их жизни определяется и ограничивается запасами водорода, гелия и более тяжелых элементов вплоть до железа. Звезды не вечны, они рождаются, живут и умирают, и умирают тем быстрее, чем больше их начальная масса.

Рано или поздно звездное топливо – водород – заканчивается. По мере протекания реакций протон-протонного цикла водород в центре звезды замещается на гелий, образуется гелиевый шар. Но водород продолжает гореть в окружающих гелиевый шар слоях, увеличивая его объем. По мере увеличения гелиевого шара давление в его центре возрастает, в результате повышается и температура. Из-за роста температуры с поверхности звезды начинают отделяться наружные слои. Звезда медленно расширяется, переходя в *состояние красного гиганта*. В конечном итоге наружная оболочка красного гиганта улетает в пространство.

В звездах небольшой массы (типа нашего Солнца) ядерные реакции заканчиваются горением гелия, а оставшаяся центральная область звезды начинает медленно сжиматься и через несколько миллионов лет превращается в *белого карлика* с очень высокой плотностью.

Белыми карликами становятся звезды с массой приблизительно до 1,4 массы Солнца. Значение «1,4 массы Солнца» называют критической массой. Для звезды с массой больше критической начавшееся сжатие будет продолжаться бесконечно.

В звезде, масса которой больше критической, после выгорания гелия будет выгорать углерод, затем начнут образовываться неон, магний, кремний, фосфор, сера, никель – до тех пор, пока внутренняя часть звезды не будет состоять из многочисленных слоев горящих элементов, вложенных друг в друга. Именно таким образом образовалось большинство элементов Вселенной. Процесс горения прекращается, когда в сердцевине звезды образуется железное ядро, т.к. железо не горит.

Ко времени образования железного ядра давление и температура становятся настолько высокими, что электроны и протоны вдавливаются друг в друга с образованием нейтронов. Нейтроны занимают меньше места, чем электроны,

поэтому сердцевина звезды сжимается еще сильнее, генерируется дополнительное количество энергии, что ускоряет процесс сжатия. При этом образуется большое число нейтрино, которые легко проходят сквозь внешние слои звезды и уносятся от нее. В центре звезды возникает недостаток энергии. Это ускоряет сжатие. За секунды поток нейтрино резко возрастает, но из-за увеличения плотности внешних слоев звезды при сжатии нейтрино уже не в состоянии проникнуть сквозь них и оказываются в ловушке. Внешние слои звезды «отскакивают», оттолкнувшись от сердцевины звезды. За секунды развивается колоссальный взрыв – рождается *сверхновая*. В пространство выбрасываются тяжелые элементы. В процессе взрыва непосредственно образуются элементы, следующие за железом.

Что остается после разлета внешних слоев? В 1933 г сотрудник обсерватории Маунт-Вилсон Фриц Цвики предположил, что в результате взрыва образуется нейтронная звезда. В 1939 г сотрудник Калифорнийского университета Роберт Оппенгеймер доказал, что такие объекты могут существовать: нейтронная звезда возникает, если масса звезды находится в пределах от 1,4 до 3,2 массы Солнца. Если масса звезды больше 3,2 массы Солнца, то образуется уже не нейтронная звезда, а черная дыра.

Характеристика некоторых типов звезд

Белые карлики

Белыми карликами называются звезды с очень высокой плотностью. Вследствие сильного сжатия атомы вещества звезды оказываются настолько плотно упакованными, что электронные оболочки начинают проникать одна в другую. Можно сказать, что белые карлики вызревают в недрах красных гигантов и появляются на свет, когда красный гигант сбрасывает свои поверхностные слои, образуя планетарную туманность.

Первый белый карлик был открыт в начале 40-х гг. XIX в. Фридрихом Бесселем. Этот карлик расположен рядом с Сириусом. Материя белого карлика – море электронов, в которых плавают крошечные ядра. Поэтому у белых карликов такие высокие плотности. Что препятствует дальнейшему сжатию белого карлика? Давление электронов.

Красные гиганты

Красный гигант – это звезда с гетерогенной структурой: центральная очень горячая часть, в которой протекает термоядерный синтез, и внешние сравнительно холодные, постепенно расширяющиеся оболочки.

Внутренняя температура красного гиганта постепенно повышается, в результате в термоядерные реакции включаются все более тяжелые ядра. На этом этапе в ходе термоядерных реакций осуществляется синтез разнообразных химических элементов.

Переменные звезды

Звезды, меняющие свой блеск, называются переменными. К переменным звездам относятся цефеиды, новые и сверхновые.

Цефеиды

Звезда дельта Цефея за каждые 128 часов 47 мин изменяет свой блеск в два раза. Звезды, которые ведут себя подобным образом, называются цефеидами.

Изменение блеска объясняется тем, что подобные звезды периодически как бы раздуваются, увеличиваясь в размерах, затем сжимаются. Все цефеиды – гиганты, звезды большой светимости. Цефеиды встречаются часто, и, вероятно, многие звезды на протяжении всей своей жизни некоторое время бывают цефеидами.

Новые звезды

Новые звезды – это не вновь возникшие звезды, а те, которые привлекли к себе внимание резким возрастанием блеска. При вспышке новых звезд блеск возрастает в тысячи и миллионы раз за время от нескольких суток до нескольких месяцев. Известны звезды, которые повторно вспыхивали как новые. Согласно современным данным, новые звезды обычно входят в состав двойных звездных систем, а вспышки одной из звезд происходят в результате обмена веществом между звездами, образующими двойную систему.

Сверхновые звезды

Некоторые звезды на заключительном этапе своей эволюции взрываются. Нами эти взрывы воспринимаются как вспышки. Вспышка сверхновой более грандиозна, чем вспышка новой. Она происходит в среднем раз в столетие в больших звездных системах типа нашей Галактики. При вспышке сверхновой за несколько суток звезда увеличивает свою светимость в сотни миллионов раз, образуется большое количество космических лучей и синтезируются тяжелые

элементы. Часть массы взорвавшейся сверхновой звезды может остаться в виде сверхплотного тела – нейтронной звезды или черной дыры.

Вспышка сверхновой может произойти лишь раз за всю историю звезды. Глубоко внутри зарождается взрыв. Взрывная волна пробивается к поверхности светила и вырывается наружу, разрывая материю со скоростью 10000 км/с. Звезда не просто «распухает», она разлетается вдребезги. В результате взрыва сбрасывается оболочка, которая долгое время наблюдается как туманность. Например, Крабовидная туманность – след взрыва сверхновой звезды 1054 г.

Нейтронные звезды

Нейтронные звезды – это гидростатически равновесные звезды, вещество которых состоит в основном из нейтронов. Существование нейтронных звезд было предсказано в 30-х гг. XX в., вскоре после открытия нейтрона. Однако только в 1967 г. они были обнаружены в виде импульсных источников радиоизлучения – пульсаров. Затем было обнаружено, что нейтронные звезды проявляют себя так же, как рентгеновские пульсары и вспышечные источники рентгеновского излучения – барстеры. К 1984 г. было открыто около 400 нейтронных звезд (в виде радиопульсаров – 40%, в виде барстеров – 40%, в виде рентгеновских пульсаров – 20%).

Радиопульсары строго периодически испускают импульсы радиоизлучения. Периодические пульсации радио- или рентгеновского излучения свидетельствуют о том, что у нейтронной звезды есть сильное магнитное поле, твердая поверхность и быстрое вращение.

Сильное магнитное поле вращающейся нейтронной звезды вращается вместе с ней. Заряженные частицы с поверхности нейтронной звезды двигаются вонне по силовым линиям, испуская при этом электромагнитные волны (радиоволны и видимое излучение). Ось магнитного поля не обязательно должна совпадать с осью вращения. Излучение происходит от южного и северного полюсов звезды. При вращении звезды луч будет перемещаться так же, как луч маяка. Наблюдатель, оказавшийся на его пути, заметит вспышку электромагнитного излучения.

Размер нейтронной звезды в поперечнике – от 15 до 30 км. Ее поверхность исключительно прочная (в миллионы раз прочнее стали), а под ней располагается сверхтекучая жидкость: смесь нейтронов и других частиц. Возможно, что в центре нейтронной звезды находится небольшое ядро.

Черные дыры

В соответствии с общей теорией относительности (ОТО) в космосе должны существовать объекты, обладающие столь сильными гравитационными полями, что планеты, звезды, астероиды и другие тела в них просто разрушаются. Попав в такое поле, никто и ничто не может оттуда выбраться и перестает существовать в нашей Вселенной. Такие объекты называются *черными дырами*.

Первым, кто понял, что ОТО предсказывает существование черных дыр, был Карл Шварцшильд. Он первым решил уравнения Эйнштейна. Его решение показывало, что огромная масса искривляет пространство в такой степени, что при конечном радиусе пространство свертывается, отрезая небольшой участок от остальной Вселенной.

В 1939 г Роберт Оппенгеймер доказал, что когда в массивной звезде прекращаются термоядерные реакции, то происходит коллапс, который продолжается вечно: звезда превращается в черную дыру.

С 1976 г над проблемой черных дыр работали в США, Англии, СССР. В конечном итоге теория черных дыр была достаточно хорошо разработана.

Коллапс не вращающихся черных дыр

Для массивных звезд коллапс происходит практически мгновенно. Это результат того, что термоядерные реакции прекращаются; давления, направленного вовне уже нет; гигантская сила сжатия становится неодолимой.

Этапы коллапса:

всплеск рентгеновского и гамма-излучения;

фотоны покидают поверхность по все более искривленным траекториям и в конце концов – по траекториям, параллельным поверхности, т.е. они остаются на орбите звезды;

звезда проходит горизонт событий. Ее уже невозможно наблюдать непосредственно, на ее месте видна только черная сфера.

Для не вращающейся черной дыры радиус горизонта событий совпадает с гравитационным радиусом. Гравитационный радиус (R_g) определяется по формуле:

$$R_g = 2GM/c^2$$

Гравитационный радиус чрезвычайно мал. Например, теоретически рассчитанные гравитационные радиусы Солнца и Земли равны 3 км и 9 мм соответственно (хотя никогда Солнце, а тем более Земля не эволюционируют до состояния черной дыры).

Но за горизонтом событий вещество звезды продолжает коллапсировать и сжимается до нулевого объема в центре звезды. Этот центр называется сингулярностью.

Тело, подошедшее к черной дыре и прошедшее горизонт событий, перестает существовать.

Не вращающиеся черные дыры названы *шварцшильдовскими*, так как решение уравнения Эйнштейна, соответствующее не вращающейся черной дыре, было найдено Шварцшильдом.

Вращающиеся черные дыры

Однако большинство звезд вращается. Следовательно, вращаются и образующиеся из них черные дыры. Решение для вращающихся черных дыр нашел в 1963 г Рой Керр из Техасского университета. Решение это сложнее предложенного Шварцшильдом, и соответственно сложнее поведение вращающейся черной дыры. Как только наблюдатель приблизится к черной дыре Керра, он начнет вращаться в том же направлении, что и эта дыра. И чем ближе он к черной дыре, тем больше будет скорость вращения. На определенном расстоянии от оси вращения он обнаружит, что вращается со скоростью, близкой к световой. Та поверхность, на которой это произойдет, называется *статическим пределом*. За статическим пределом есть свой горизонт событий, форма которого сферическая, а поверхность, соответствующая статическому пределу, – сплюснута и соприкасается с горизонтом событий только у полюсов. Область между этими поверхностями называется *эргосферой*. Попав за горизонт событий, мы обнаружим сингулярность в виде кольца.

Предсказаны еще два типа черных дыр. Возможно, что их в природе и не существует, но теоретически они возможны. Кроме черных дыр Шварцшильда и Керра, существуют черные дыры Рейснера–Нордстрема (невращающиеся заряженные) и черные дыры Керра–Ньюмена (вращающиеся заряженные). Есть еще один тип черной дыры – реликтовые. Они должны были образоваться во время Большого взрыва, когда возникла Вселенная.

Необычные свойства черных дыр многим кажутся просто фантастическими, поэтому существование черных дыр в природе часто ставится под сомнение. Однако согласно новейшим наблюдательным данным, черные дыры действительно существуют. Первым кандидатом на роль черной дыры выступает звезда в созвездии Лебедь.

2.4 Космологические открытия ученых XX века

Формирование современных представлений о происхождении Вселенной

После 1916 г. Альберт Эйнштейн закончил работу над общей теорией относительности (ОТО) и занялся космологией. Решения уравнений ОТО, характеризующих Вселенную, показывают, что Вселенная либо расширяется, либо сжимается. Но европейские астрономы убедили Эйнштейна, что Вселенная стационарна и он вводит константу в уравнения для того, что бы сделать Вселенную стабильной: так называемый космологический член.

Вселенная Эйнштейна имела сферическую форму; луч света, движущийся в определенном направлении, описывает в ней огромный круг и возвращается назад в ту же точку, из которой вышел. Таким образом, Вселенная Эйнштейна не имела конца, но была замкнутой. Размеры Вселенной конечны. Эйнштейн опубликовал свою работу по космологии в 1917 г.

Однако нашлись ученые, которые предлагали отказаться от космологического члена, в том числе и русский ученый А.А. Фридман. Проанализировав космологическую теорию Эйнштейна без космологического члена, Фридман обнаружил, что одна из больших величин в знаменателе стремится при определенных условиях к нулю, чего Эйнштейн не заметил. Тщательно проверив свою идею, Фридман создает эволюционную теорию Вселенной, развивающейся во времени. В 1924 г. Фридман опубликовал вторую работу на эту же тему.

По модели Фридмана возможно три типа Вселенных, имеющих различную кривизну.

Первый тип – пространство с положительной кривизной (риманово). Такая Вселенная расширяется до определенного радиуса, а затем наступает сжатие.

Второй тип – пространство имеет отрицательную кривизну, как в геометрии Лобачевского, и такая Вселенная постепенно расширяется.

Третий тип – плоская Вселенная с евклидовым пространством, также постоянно расширяющаяся.

Какая из этих моделей реализуется, зависит от средней плотности вещества во Вселенной.

В то же время космологией начинает заниматься бельгийский священник Жорж Леметр.

Рассматривая уравнения Эйнштейна, он открыл еще одну эволюционную модель, которая предполагала существование сразу нескольких вариантов. Ле-

метр выбирает один из них. Согласно этой модели процесс начинается взрывом и расширением, затем замедляется и на какое-то время Вселенная становится устойчивой по Эйнштейну. За это время могли образоваться галактики. Постепенно Вселенная становится неустойчивой и начинает расширяться. Работа Леметра была опубликована в малоизвестном журнале и не привлекла внимание ученых.

В 1914 г. американский астроном Весто Сливфер исследовал туманности с помощью спектроскопа и получил удивительные результаты: одни туманности как будто приближались к нам (наблюдается смещение спектральных линий к синему концу спектра, так называемое «синее смещение»), другие от нас удалялись (наблюдается смещение спектральных линий к красному концу спектра, так называемое «красное смещение»). В основном туманности удалялись. В то время ученые не знали, что представляют собой туманности, и мысль о расширении Вселенной не была высказана. Эстафету от Сливфера принимает американский астроном Эдвин Хаббл. Исследованию туманностей он посвятил всю свою жизнь. Хаббл работал в обсерватории Маунт-Вилсон. Он доказывает, что туманности находятся вне Млечного Пути и являются самостоятельными галактиками.

Поняв природу туманностей, Хаббл задался вопросом «В чем значение красного смещения, открытого Сливфером?». И вот к 1929 г. после нескольких лет напряженной работы Хаббл объявил результат: *Вселенная расширяется; сами галактики не изменяются, но расстояние между ними линейно растет со временем.* В 1931 г. Хаббл показал четкую зависимость между расстояниями до галактик и их скоростями.

Итак, в 1929 г появилось сообщение Хаббла о расширении Вселенной. Но расширение должно подкрепляться теорией. Тогда Леметр напоминает ученым, что несколько лет тому назад он предложил такую теорию. Наконец-то теория Леметра была прочитана ведущими астрономами, в том числе английским астрономом Артуром Стенли Эддингтоном, и даже опубликована вторично. Тогда же Леметр сам стал заниматься этой проблемой и вскоре обнаружил, что даже модель Эйнштейна нельзя считать полностью стационарной.

Вскоре Эддингтон натолкнулся на работы Фридмана и пришел к выводу, что его теория (без космологического члена) самая удачная.

Сегодня большинство астрономов пользуется теорией Фридмана в несколько измененной форме – в том виде, в котором ее представили в 1935 г. два американских физики Говард П. Робенсон и Артур Уокер.

К началу 30-х гг. XX в. теорию расширяющейся Вселенной приняло большинство ученых. Но если Вселенная расширяется, то нетрудно сделать вывод, что у нее должно быть начало. Леметра привлекла гипотеза об исходном сверхплотном состоянии. Он представляет начальную Вселенную в виде ядра, которое бесконечно делится или расщепляется, как уран в атомной бомбе. Этот процесс он описал в книге «Первичный атом», изданной 1951 г.

Леметр разрабатывает свои идеи несколько лет. Его теорию Фред Хойл позднее назвал теорией «Большого взрыва». Г.А. Гамов способствовал ее популяризации под тем же названием, и Леметра стали называть отцом теории «Большого взрыва». Однако математическая разработка его идей показала, что все не так просто, и вскоре был предложен новый подход к проблеме. Инициатором нового подхода, который с некоторыми изменениями сохранился до наших дней, был Гамов.

Гамова интересовало рождение Вселенной, поскольку он занимался происхождением элементов во Вселенной.

В 1948 г. Гамов создает теорию (модель горячей Вселенной), в которой он среди прочего прогнозирует температуру теперешней Вселенной, отталкиваясь от представлений об излучении, которое должно было распространиться во Вселенной и остыть приблизительно до 5 К. Уровень техники того времени был низок и зарегистрировать столь слабое излучение было невозможно.

Излучение, предсказанное Гамовым, было экспериментально обнаружено в 1965 г. как фоновое космическое радиоизлучение с интенсивностью, соответствующей черному телу, нагретого до температуры 3 К. Это излучение назвали *реликтовым*.

В первом приближении получалось, что фоновое излучение имеет одинаковые характеристики во всех направлениях, т.е. оно изотропно. В 1976 г. провели измерения, и оказалось, что имеется небольшая анизотропия, по величине которой удалось установить, что мы движемся в направлении созвездия Льва со скоростью 600 км/ч. Туда летит не только Солнечная система, но и вся наша Галактика и некоторые соседние галактики.

В середине 60-х гг. XX в. большинство астрономов приняло концепцию происхождения Вселенной в результате «Большого взрыва». Экспериментальными доказательствами этой теории были признаны «красное смещение» Э. Хаббла и «реликтовое излучение» Г. Гамова.

2.5 Теория инфляционной Вселенной

Итак, согласно теории Большого взрыва Вселенная возникла 15-19 млрд. лет назад из *сингулярности* – бесконечно малого сгустка с бесконечно большой плотностью и температурой. Состояние сингулярности было неустойчивым, произошел взрыв, в результате которого начала образовываться Вселенная. После «Большого взрыва» Вселенная прошла несколько этапов: эпоха адронов, эпоха лептонов, эпоха излучения и эпоха галактик.

Но вскоре выяснилось, что эта теория не может ответить на множество основополагающих вопросов, особенно в свете новых открытий в астрономии. Поэтому переведет ее в ранг «гипотез» и рассмотрим основные претензии к этой «теории».

Физически теория Большого взрыва во многом представляется странной. До сих пор наука не сталкивалась с единичными сингулярностями и единичными процессами: все явления в природе носят множественный характер, что вытекает из диалектического закона единства и борьбы противоположностей. В состоянии сингулярности должно прекращаться действие всех физических законов (в том числе, законов ОТО), в силу чего нельзя научно объяснить процесс рождения Вселенной. Непонятно также, почему скорость «разлетания» галактик пропорциональна их удалению от нас, как будто мы находимся в точке Большого взрыва; почему происходит возрастание скоростей «осколков» – открытое в 2000 г. ускорение разлетания объектов Вселенной. Имеющиеся на сегодняшний день законы физики это объяснить не могут.

Где происходит этот взрыв, куда разлетаются галактики? Ведь для них, с точки зрения ОТО, не существует никакого внешнего пространства, а до начала развития Вселенной вообще нет пространства для движения вещества. Судя по смещению спектральных линий, самые далекие из видимых галактик должны «улетать» друг от друга с относительными скоростями более 150000 км/с. Относительные скорости еще более удаленных, невидимых галактик должны бы приближаться к световой. Если все эти массивные образования движутся в пространстве как «осколки» сингулярности, то их громадную кинетическую энергию ничем нельзя объяснить, а движение быстрее света вообще физически бессмысленно.

Гипотеза Большого взрыва не может объяснить существование квазаров и крупномасштабное скручивание галактик. Но первый квазар был открыт еще в 1963 г.

В 70-е гг. XX в. началась т.н. **вторая революция в астрономии**. Развитие радиотелескопов, рентгеновских и гамма-приборов превратило астрономию из оптической во всеволновую, а затем появились электронные детекторы, чувствительность которых почти на два порядка превышает лучшие фотопластины. Глубина и детальность исследования Вселенной неизмеримо возросли, были открыты и изучены многие тысячи новых галактик. Новая астрономия обнаружила, что в больших масштабах наша Вселенная выглядит весьма однородной. В целом она имеет как бы пористую, а в срезе похожа на пчелиные соты. Обратили внимание на сходство этой структуры с ячейками Бенара – одним из типичных примеров самоорганизации. Все это гипотеза Большого взрыва может объяснить лишь искусственно и с натяжками, подобно тому, как геоцентрическая астрономия Птолемея объясняла видимые эволюции планет.

Но развитие космологии не остановилось на этой теории (которую уже уместнее назвать гипотезой). В 1980 г. А. Гут предложил «инфляционную» (от лат. *inflatio* – вздутие) модель развития Вселенной на ее раннем этапе. Аналогичные взгляды развивал в 1983 г. А.Д. Линде. Согласно им, расширение вещества в первый момент (около 10–30 с) идет несравненно быстрее (в 1050 раз), чем предсказывала прежняя теория. Граница пространства движется в этот момент даже быстрее света, но тут нет противоречия с постулатами Эйнштейна. Дело в том, что это не движение вещества в пространстве. В этот момент само пространство быстро расширяется вместе с возникающим в нем веществом. Спустя немногие годы спутниковые эксперименты показали правильность данной теории. Сегодня она получила общее признание; однако, сама по себе она еще не решает вопрос о происхождении Вселенной.

Через несколько лет уже сам С. Хокинг, отказавшись от теории Большого взрыва, предложил новую общую космологическую гипотезу – теорию инфляционной Вселенной. Согласно ей, наш мир возник и продолжает расширяться не благодаря единственному взрыву уникальной сингулярности, а путем «вздувания» многочисленных «пузырей» вакуума, – т.н. пены вакуума. Эти «пузыри» представляют собой весьма кратковременные (порядка 10–15 с), но мощные нулевые флуктуации силовых полей в вакууме. Допускает инфляционная теория и существование первого «пузырька», появление которого инициировало весь дальнейший процесс. Но такой космический «пузырек» не имеет ничего общего с мистической «сингулярностью».

Таким образом, не галактики разлетаются в непонятно какое пространство, а между ними создается новое пространство. Тогда понятны и ускоренное раз-

бегание галактик, и наше положение как бы в центре Вселенной, и невероятные скорости удаления некоторых объектов. Появление нового пространства допустимо и в теории Большого взрыва; но по ее логике, при этом все тела должны пропорционально расширяться, чего в реальности не наблюдается. А инфляционная теория естественно объясняет расширение пространства возникновением новых доменов пространства из «пузырей вакуума».

Обе рассматриваемые космологические концепции являются вариантами теории горячей Вселенной. Описание физической эволюции Вселенной в них различается только для первой неуловимо крошечной (10–30 с) стадии формирования мира. Можно сказать, что *инфляционная теория относится к теории Большого взрыва так же, как релятивистская и квантовая физика относятся к классической физике, т.е. – вбирает ее в себя, при внешне микроскопических, но принципиальных поправках* (в методологии такое отношение известно как принцип соответствия Н. Бора). Именно эти поправки позволяют инфляционной теории естественным образом объяснять новые данные астрономии, а также убедительней предсказывать будущее. Старая гипотеза предсказывает неминуемую гибель Вселенной либо в результате непрерывного расширения (тепловая смерть), либо в результате катастрофического сжатия. А с точки зрения инфляционной модели, Вселенная может многократно переживать творческие состояния «повторной неустойчивости».

На это обращал внимание один из основателей синергетики Р. Пригожин. Он же отмечал, что без трактовки эволюции Вселенной как самоорганизации неравновесного вакуума нельзя объяснить, например, преобладание вещества над антивеществом в нашей Вселенной. И с полным основанием можно сказать, что новая космологическая концепция – это синергетическая теория происхождения Вселенной. Развитие Вселенной предстает в ней не как нечто основанное на единичном «чуде», а как нормальный процесс самоорганизации неравновесной среды по общим законам физики.

Гипотеза Большого взрыва – продукт старой оптической и фотографической астрономии, типичный идейный конструкт эпохи неклассического естествознания. Теория инфляционной Вселенной – продукт современной всеволновой и электронной астрономии, одна из важных составных частей постнеклассической научной картины мира.

Тонкая подстройка Вселенной

Наука, решая вопрос о месте жизни в нашей Вселенной, сталкивается с рядом проблем. В данном случае рассмотрим проблему, которая называется «тонкая подстройка» Вселенной. Невольно возникает вопрос, почему так называемые физические константы, например, безразмерные константы 4-х фундаментальных взаимодействий, гравитационная постоянная, постоянная Планка, заряд электрона, массы протона и нейтрона, скорость света имеют такие, а не какие-нибудь иные значения и что случилось бы со Вселенной, если бы эти значения оказались другими?

Рассчитано, что если бы постоянная Планка была больше на 15%, то протон не смог бы соединиться с нейтроном, то есть не образовались бы ядра многоэлектронных атомов, да и сами атомы. Если бы масса протона была бы больше на 30%, то ядра и атомы также не образовались. Перечень подобных следствий можно продолжить.

В данном случае важным является то, что наша Вселенная может существовать в узких рамках именно этих констант, то есть тех, которые определены учеными. Невольно возникает мысль о том, что Природа случайно с очень высокой степенью точности «подогнала» большое число независимых (на наш взгляд) параметров (констант). Кроме того, по непонятным нам причинам на ранних стадиях развития Вселенной возникла небольшая асимметрия между веществом и антивеществом, что позволило на ранней стадии образоваться барионной Вселенной. Если бы число протонов и нейтронов было равно числу антипротонов и антинейтронов, то Вселенная представляла бы собой фотонно-лептонную пустыню.

«Случайности» такого рода привели к образованию вначале водородогелиевой Вселенной, а затем к возможности синтеза всей таблицы элементов Менделеева в процессах, протекающих в звездах.

Совокупность многочисленных «случайностей» называется «тонкой подстройкой» Вселенной.

С не менее удивительными случайностями наука столкнулась при рассмотрении процессов, связанных с происхождением и развитием жизни.

Таким образом, наука столкнулась с большой группой фактов, отдельное рассмотрение которых создает впечатление о необъяснимых случайных совпадениях, граничащих с чудом. *Но никто не заставляет нас считать подобные*

факты случайным совпадением. Вопрос можно поставить по-другому. Например, считать, что существуют закономерности, способные организовать Вселенную именно таким образом. Просто мы пока не знаем, что это за закономерности.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Антропный принцип

Суть антропного принципа: свойства Вселенной именно таковы потому, что при других ее свойствах возникновение жизни было бы невозможно, и, следовательно, не было бы наблюдателей, способных размышлять о том, почему свойства Вселенной именно такие, как есть.

Есть несколько вариантов антропного принципа:

1. *«Слабый антропный принцип»*: Человек мог возникнуть лишь на определенной стадии эволюции Вселенной.

2. *«Сильный антропный принцип»*: Вселенная должна быть такой, что бы в ней на некоторой стадии эволюции мог появиться наблюдатель.

3. *Антропный принцип, выдвигаемый некоторыми философами*: Вселенная создана такой, чтобы в ней мог возникнуть и существовать человек.

4. *Антропный принцип с религиозным оттенком*: мир столь совершенен, что очевидно был создан разумным конструктором.

5. *Антропный принцип в современной космологии*: жизнь на Земле, включая разумное существо - человека, возникла благодаря совокупности всех условий, так сказать, «стечению обстоятельств» во всей Метагалактике, то есть той Вселенной, о которой мы сегодня знаем. И это действительно так: в иных условиях наша жизнь могла и не возникнуть, во всяком случае в ту астрономическую эпоху, когда она возникла реально. Но отсюда вовсе не следует, что благоприятствующие жизни условия в Метагалактике были «сфокусированы» исключительно на Землю - рядовую планету около рядовой звезды, находящейся на периферии, в одном из витков рядовой галактики в системе их огромного семейства Метагалактики.

ТЕМА 3. ХИМИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ

3.1 История химии. Хронологический подход

Концепции современной химии, как многих других наук, имеют глубокие исторические корни; вырабатывались в результате проб и ошибок, малых и больших открытий в течение сотен лет. Поэтому, прежде чем говорить о концепциях химии, безусловно принятых и «работающих» в настоящее время, немало погрузимся в далекие времена, когда и такого слова как «химия» не было, а была алхимия.

При рассмотрении истории химии возможны 2 подхода: *хронологический и содержательный*. В хронологическом подходе историю химии принято подразделять на несколько периодов:

Предалхимический период. С глубокой древности до III н.э.

Алхимический период: III – XVII вв.

Период становления химии как науки: XVII – XVIII вв.

Период количественных законов: конец XVIII – середина XIX в.

Химия во второй половине XIX в.

Современный период: с начала XX в.

Предалхимический период

В предалхимический период теоретические и практические знания о веществе развивались независимо друг от друга. Химия началась с практики. В рамках практической химии, прежде всего, зарождается металлургия. В античную эпоху были известны в чистом виде семь металлов: *медь, свинец, олово, железо, золото, серебро и ртуть*, а в виде сплавов – ещё и *мышьяк, цинк и висмут*. Помимо металлургии, накопление практических знаний происходило и в других областях, таких как производство керамики и стекла, крашение тканей и дубление кож, изготовление лекарственных средств и косметики. Именно на основе успехов и достижений практической химии древности происходило развитие химических знаний в последующие эпохи.

Попытки теоретического осмысления проблемы происхождения и свойств веществ привели к формированию в античной греческой натурфилософии учения об элементах-стихиях. Наибольшее влияние на дальнейшее развитие науки оказали учения Эмпидокла, Платона и Аристотеля. Согласно этим концепциям все вещества образованы сочетанием четырёх первоначал: земли, воды, воздуха и огня. Сами элементы при этом способны к взаимопревращениям, т.к. каждый из них, согласно Аристотелю, представляет собой одно из состояний

единой первоначальной материи. Положение о возможности превращения одного элемента в другой стало позднее основой алхимической идеи о возможности взаимных превращений металлов (трансмутации). Практически одновременно с учением об элементах-стихиях в Греции возник и атомизм, основателями которого стали Левкипп и его ученик Демокрит.

Древнегреческие атомисты считали, что атом это неделимая, плотная, непроницаемая, не воспринимаемая чувствами самостоятельная частица вещества, что он вечен, неизменен. Сцепление большого количества атомов составляет вещи. Возникновение и уничтожение вещей объясняются сложением и разделением атомов. Поэтому вещи не вечны.

Алхимический период

Алхимический период – это время поисков философского камня, считавшегося необходимым для осуществления превращения металлов. Алхимическая теория тесно переплетена с астрологией и мистикой. Алхимический период разделяется на три подпериода: александрийскую, арабскую и европейскую алхимию.

Александрийский период. Основными объектами изучения александрийской химии являлись металлы. От александрийского периода осталось множество алхимических текстов, представлявших собой попытку философско-мистического объяснения превращений веществ, среди которых знаменитая «Изумрудная скрижаль» Гермеса Трисмегиста.

К числу практических достижений алхимиков этого периода следует отнести открытие амальгамирования металлов. Амальгама золота стала применяться для позолоты. Александрийскими учёными был усовершенствован способ извлечения золота и серебра из руд с помощью ртути. Алхимиками был разработан также способ очистки золота купелированием – нагреванием руды со свинцом и селитрой.

Арабская алхимия. Арабская алхимия разработала ртутно-серную теорию происхождения металлов, согласно которой металлы образованы двумя принципами: Ртутью (принцип металличности) и Серой (принцип горючести). Для образования золота помимо Ртути и Серы необходимо наличие «философского камня». Философский камень должен был также исцелять все болезни, и, возможно, давать бессмертие.

Практическая польза арабской алхимии: был разработан понятийный аппарат химии, лабораторная техника и методика эксперимента. Арабские алхимики смогли выделить сурьму, мышьяк, фосфор, получили уксусную кислоту и

разбавленные растворы минеральных кислот; создали рациональную фармацевцию.

Европейская алхимия. Научные воззрения арабов проникли в средневековую Европу в XIII веке. Работы арабских алхимиков были переведены на латынь, а затем и на другие европейские языки.

Характерной чертой европейской алхимии стало её двусмысленное положение в обществе. Как церковные, так и светские власти неоднократно запрещали занятия алхимией; в то же время алхимия процветала и в монастырях, и при королевских дворах.

В середине XIII в. в Европе началась выделка пороха. Появление огнестрельного оружия стало сильнейшим стимулом для развития алхимии, и её тесного переплетения с ремесленной химией.

Техническая химия и ятрохимия. Начиная с эпохи Возрождения, в связи с развитием производства всё большее значение в алхимии стало приобретать практическое направление: металлургия, изготовление керамики, стекла и красок. В первой половине XVI в. в алхимии выделились техническая химия и ятрохимия.

Техническая химия и ятрохимия непосредственно подвели к созданию химии как науки; на этом этапе были накоплены навыки экспериментальной работы и наблюдений, получены новые химические препараты.

Главным результатом алхимического периода в целом, помимо накопления значительного запаса знаний о веществе, явилось зарождение эмпирического подхода к изучению свойств вещества. Алхимический период стал совершенно необходимым переходным этапом между натурфилософией и экспериментальным естествознанием.

Период становления химии как науки

В XVI–XVII вв. происходят две научные революции в естествознании: коперниканская и ньютоновская. В результате этих революций возникло новое естествознание, основанное на экспериментальных данных.

Новые знания привели к глубокому кризису аристотелевской физической картины мира.

Ф. Бэкон выдвинул тезис о том, что решающим доводом в научной дискуссии должен являться эксперимент; в философии возродились атомистические представления.

Одним из следствий первой научной революции явилось создание новой химии, основоположником которой считается Роберт Бойль (англ. физико-

химик XVII в.). Бойль выступает против алхимии. Главной задачей химии Бойль считал изучение состава веществ и зависимости свойств вещества от его состава.

Процесс превращения химии в науку завершился открытиями Антуана Лавуазье (франц. физ.-химик XVIII в.). Он создает кислородную теорию горения. С этой теории началась химическая революция. В 1789 г. Лавуазье издал свой знаменитый учебник «Элементарный курс химии», целиком основанный на кислородной теории горения и новой химической номенклатуре.

Он привёл первый в истории новой химии список химических элементов. Лавуазье сформулировал закон сохранения массы, создал рациональную классификацию химических соединений.

Химическая революция окончательно придала химии вид самостоятельной науки, занимающейся экспериментальным изучением состава тел; она завершила период становления химии, ознаменовала собой полную рационализацию химии, окончательный отказ от алхимических представлений о природе вещества и его свойств.

Период количественных законов

С конца XVIII до середины XIX вв. в химии был открыт целый ряд количественных законов. Что позволило превратить химию в точную науку, основанную не только на наблюдении, но и на измерении. За открытым Лавуазье законом сохранения массы последовал целый ряд новых количественных закономерностей – стехиометрические законы. Среди них такие законы, как *закон кратных отношений* и *закон постоянства состава*, основываясь на которых Дж. Дальтон разработал свою атомную теорию (1808). Огромный вклад в развитие химической атомистики внёс шведский химик Якоб Берцелиус, определивший атомные массы многих элементов. Он же в 1811–1818 гг. разработал электрохимическую теорию сродства, объяснявшую соединение атомов на основе представления о полярности атомов и электроотрицательности.

Химия во второй половине XIX в.

Для данного периода характерно стремительное развитие науки: были созданы периодическая система элементов, теория химического строения молекул, стереохимия, химическая термодинамика и химическая кинетика, учение о растворах; блестящих успехов достигли прикладная неорганическая химия и органический синтез. В связи с ростом объёма знаний о веществе и его свой-

ствах началась дифференциация химии – выделение её отдельных ветвей, приобретающих черты самостоятельных наук.

Современный период: с начала XX в.

В конце XIX в. были сделаны открытия, которые доказали, что атом делим и сам состоит из каких то частиц. К этим открытиям относятся: открытие электрона Дж. Дж. Томсоном (1897) и радиоактивности Анри Беккерелем (1896).

После открытия делимости атома и установления природы электрона как его составной части возникли реальные предпосылки для разработки теорий химической связи.

В конце 20-х – начале 30-х годов XX в. сформировались принципиально новые – квантово-механические – представления о строении атома и природе химической связи.

Особенностью химии в XX веке стало широкое использования физико-математического аппарата и разнообразных расчётных методов.

Подлинным переворотом в химии стало появление большого числа новых аналитических методов, например, таких как рентгеноструктурный анализ, электронная и колебательная спектроскопия, масс-спектрометрия, спектроскопия ЭПР (электронный парамагнитный резонанс) и ЯМР (ядерный магнитный резонанс), хроматография и т. п. Эти методы предоставили новые возможности для изучения состава, структуры и реакционной способности вещества.

Отличительной чертой современной химии стало её тесное взаимодействие с другими естественными науками, в результате которого на стыке наук появились биохимия, геохимия и др. разделы. Одновременно с этим процессом *интеграции* интенсивно протекал и процесс *дифференциации* самой химии. Возникли коллоидная и координационная химия, кристаллохимия и электрохимия, химия высокомолекулярных соединений и некоторые другие.

Неизбежным следствием совершенствования химической теории в XX веке стали новые успехи практической химии – каталитический синтез аммиака, получение синтетических антибиотиков, полимерных материалов и т. п. Успехи химиков в деле получения веществ с желаемыми свойствами в числе прочих достижений прикладной науки к концу XX столетия привели к коренным преобразованиям в жизни человечества.

3.2 Современные представления о строении атома

Существенным толчком в развитии химии как науки современного типа стало открытие физиками строения атома, которое позволило пересмотреть формулировку Периодического закона Д.И. Менделеева и переосмыслить структуру Периодической системы.

Современная модель строения атома базируется на следующих основных положениях квантовой механики:

1. Энергия излучается атомами определенными порциями – квантами.
2. Корпускулярно-волновом дуализме.
3. Вероятностном характере законов микромира.

И так, каковы же современные знания о строении атома?

Атом состоит из ядра и электронной оболочки. В состав ядра входят элементарные частицы протоны и нейтроны. На электронных оболочках располагаются электроны.

Электрон в атоме не движется по орбите, можно только говорить о вероятности нахождения электрона в какой-то части объема атома.

Состояние электрона в атоме описывается *волновой функцией* Ψ (функция пси). В разных точках атомного пространства эта функция принимает разные значения. Квадрат волновой функции Ψ^2 характеризует вероятность обнаружения электрона в данной точке пространства.

Волновая функция является математическим описанием *атомной орбитали* (АО). Физический смысл АО заключается в следующем: атомная орбиталь – это область пространства вокруг ядра, в которой с наибольшей вероятностью (до 90 %) может находиться электрон. Форму и размеры граничной поверхности (этого пространства) принято считать формой и размером орбитали.

Вероятность нахождения электрона в данном месте атома определяется с помощью *волнового уравнения* австр. физика Эрвина Шредингера (1926 г.).

Из уравнения Шредингера (преобразовывая и решая его) находят целочисленные параметры, получившие названия квантовых чисел (главное, орбитальное и магнитное). С помощью трех квантовых чисел описывают атомные орбитали и состояние электрона в атоме.

В многоэлектронных атомах заполнение электронами атомных орбиталей осуществляется в соответствии с тремя основными принципами квантовой механики: принципом В. Паули (1925), правилом Ф. Хунда (1925) и принципом минимума энергии.

Принцип Паули: в атоме не может быть двух электронов с одинаковыми значениями всех четырех квантовых чисел.

Следствием из принципа Паули является то, что на одной АО могут находиться только два электрона, отличающиеся значениями спинового квантового числа.

Правило Гунда. На данном подуровне электроны располагаются так, чтобы суммарный спин их был максимальным.

Принцип минимума энергии отражает стремление любого атома находиться в основном (т.е. не возбужденном) состоянии. Электрон в атоме всегда старается занять наиболее низкий энергетический подуровень, т.е. подуровень с наименьшим значением энергии.

Распределение электронов по уровням, подуровням и атомным орбиталям называется *электронной конфигурацией атома*.

Электронные конфигурации атомов выражают в виде *электронных формул*. Например, электронная формула фосфора $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ (Рис.3.1).

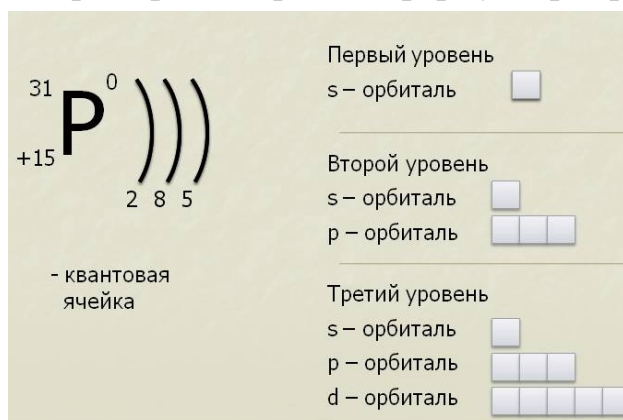


Рис. 3.1 Расположение электронов электронной оболочки атома фосфора.

Т.о. современное представление о строении атома опирается на законы квантовой механики. Но квантовая механика ни в коей мере не отменяет механику классическую. В мире действуют законы как той, так и другой. Интересно, что точка пересечения классической механики с квантовой оказалась на границе атома. Как известно, разница в энергиях соседних энергетических уровней при удалении от ядра становится все меньше и меньше, т.е., если энергетические уровни представить в виде ступеней лестницы, то можно сказать, что при удалении от атомного ядра лестница становится все более полой. Квантовые законы сменяются законами классической механики, микромир переходит в макромир. Природа демонстрирует свое единство! На базе этого родился принцип соответствия Бора: формулы, описывающие микромир, должны соответствовать формулам, описывающим макромир.

3.3 Периодический закон и Периодическая система элементов Д.И. Менделеева

Периодический закон (ПЗ) является одним из важнейших законов природы, и был открыт Д.И. Менделеевым в 1869 г. Менделеев положил в основу систематизации химических элементов атомную массу, но, в соответствии со знаниями квантовой механики элементы расположены в порядке возрастания заряда ядра атома. Поэтому современная формулировка Периодического закона следующая: *свойства простых веществ, а также свойства и формы соединений элементов находятся в периодической зависимости от заряда ядра атомов элементов.*

Графическим выражением ПЗ является Периодическая система (ПС) химических элементов, которую представляют обычно в виде таблицы. Наиболее распространёнными изображениями ПС элементов Д.И. Менделеева являются короткая и длинная формы.

Каждый элемент в ПС имеет свое место, определяемое номером группы и номером периода. Порядковый номер химического элемента указывает на заряд ядра атома данного элемента, а, следовательно, на число протонов в ядре и на число электронов в атоме. Ряды в таблице называются периодами, а столбцы группами. В настоящее время в таблице находятся 118 химических элементов.



С помощью периодической системы можно «проследить» периодичность в изменении целого ряда важнейших с точки зрения химии свойств элементов: атомные радиусы, электроотрицательность, окислительно-восстановительные свойства (Рис. 3.2).

Рис. 3.2. Периодичность изменения некоторых свойств химических элементов

Значение Периодического закона:

- ПЗ позволил систематизировать большой фактический материал, находящийся в разрозненном состоянии. До открытия ПЗ исследовались свойства отдельных элементов, но не рассматривалась их взаимосвязь.
- На основании ПЗ были уточнены атомные веса и валентности ряда элементов.
- С помощью ПЗ предсказано существование новых элементов.
- Знание периодического закона сыграло определенную роль в установлении строения атома.
- ПЗ позволяет предвидеть поведение веществ в различных химических реакциях и особенности протекания этих реакций.
- ПЗ оказал влияние на развитие других наук: физики, геологии, астрономии и химии в целом.

3.4 Химическая связь

Химия – это наука о веществах. А вещества состоят из атомов, молекул, ионов, соединенных между собой химическими связями и межмолекулярными взаимодействиями. Учение о химической связи относится к важнейшим проблемам современной химии. Однако разобраться в том, что же представляет собой химическая связь, стало возможным только после открытия электронного строения атомов. Тогда же была установлена фундаментальная роль электронов в образовании химической связи.

О том, что в образовании химической связи участвуют электроны, отметил в 1916 г. немецкий физик Альбрехт Коссель. В этом же году американский ученый Гилберт Льюис предложил теорию образования химической связи с помощью электронных пар, одновременно принадлежащих двум атомам. На базе работ Косселя и Льюиса развилось современное учение о химической связи.

По современным представлениям химическая связь имеет электрическую природу, осуществляется она в результате взаимодействия электронов (перекрывания атомных орбиталей). Различают три основных типа внутримолекулярных химических связей: ковалентную, ионную и металлическую. Сама же ковалентная связь представлена в двух вариантах: полярная и неполярная ковалентная связь. Кроме того существуют донорно-акцепторные и водородные связи (Рис. 3.3).



Рис. 3.3. Варианты химической связи.

Ковалентная химическая связь

Ковалентной называется химическая связь, осуществляемая электронными парами. Существуют два механизма образования ковалентной связи: обменный и донорно-акцепторный.

Обменный механизм осуществляется за счет перекрывания одноэлектронных облаков с противоположно направленными спинами.

Донорно-акцепторный механизм осуществляется за счет двухэлектронного облака одного атома и свободной атомной орбитали другого атома. Атом, поставляющий пару электронов, называется *донором*, а атом или ион, к которому эта пара перемещается, называется *акцептором*.

В зависимости от направления перекрывания атомных орбиталей различают **σ** , и **π** - **связи** /сигма и пи/. Рис. 3.4. а, б.

σ -связи возникают при перекрывании атомных орбиталей, расположенных вдоль оси, соединяющей ядра взаимодействующих атомов.

π -связь образуется в результате взаимного перекрывания электронных облаков в направлении перпендикулярном осевой линии, соединяющей центры взаимодействующих атомов.

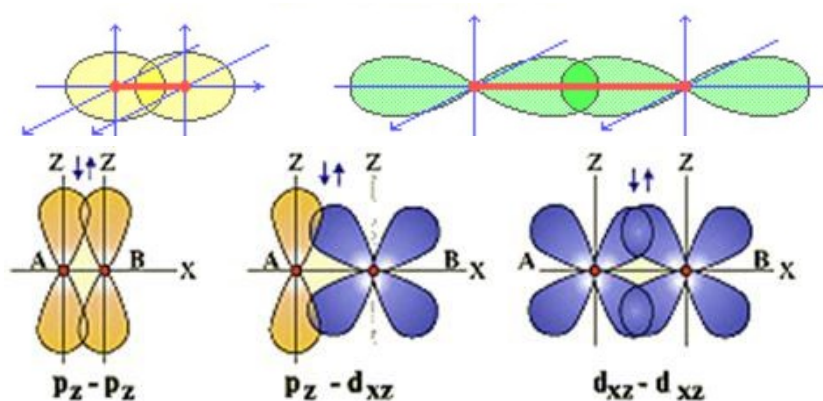


Рис. 3.4. а, б. Схема образования π -связи

Полярная и неполярная ковалентная связь

В зависимости от электроотрицательности (ЭО) атомов, образующих химическую связь, ковалентная связь может быть полярной и неполярной.

Электроотрицательностью называется способность атома в молекуле или сложном ионе притягивать к себе связующее электронное облако.

Неполярная ковалентная связь образуется между атомами элементов, имеющих одинаковое или близкое значение электроотрицательности. В этом случае связующее электронное облако распределяется симметрично между центрами обоих атомов.

Полярная ковалентная связь образуется между атомами элементов с различной электроотрицательностью. В этих случаях связующее электронное облако смещается к более электроотрицательному атому.

Ионная связь

осуществляется в результате образования и электростатического притяжения противоположно заряженных ионов. Ионная связь возникает при большой разнице в значениях ЭО взаимодействующих атомов. Поэтому можно сказать, что ионная связь – это предельный случай полярной ковалентной связи. Ионные соединения в «чистом» виде не встречаются. В любом ионном соединении имеется доля ковалентной связи.

Все ионные соединения в твердом состоянии имеют кристаллическую решетку, в которой каждый ион окружен несколькими ионами противоположного знака.

Металлическая связь

осуществляется в металлах. Атомы металлов имеют на внешнем энергетическом уровне от одного до трех электронов и большое количество свободных атомных орбиталей. Кроме того, атомы металлов плотно упакованы в кристаллические решетки. В результате валентные электроны перемещаются с одной атомной орбитали на другую, осуществляя связь между всеми атомами металлической кристаллической решетки.

Перемещающиеся электроны называются электронным газом. Металлическая связь объясняет многие физические свойства металлов, например, электро- и теплопроводность, пластичность.

Водородная связь

Водородная связь возникает в соединениях, в которых атом водорода непосредственно связан с атомом сильно электроотрицательного элемента (кислородом, фтором, азотом, реже хлором и серой). Рис. 3.5.

Водородная связь усиливает взаимодействие молекул в веществах, повышая их температуры плавления и кипения.

Водородная связь играет большую роль в нашей жизни.

1. Благодаря этой связи вода находится при комнатной температуре в жидком состоянии, а не в газообразном.

2. Благодаря водородным связям лед легче жидкой воды, поэтому зимой водоемы покрываются коркой льда, но не промерзают полностью, что сохраняет жизнь в водоемах.



3. Водородные связи поддерживают спиральную структуру биополимеров: белков и нуклеиновых кислот. При разрушении этой структуры биологические свойства исчезают.

Рис. 3.5. Образование водородной связи

В философии науки, кроме хронологического подхода к истории науки «химии», существует еще содержательный подход. С позиции содержательного подхода историю химии представляют в виде четырех концептуальных систем: учение о составе, учение о структуре, учение о химических процессах, эволюционная химия. В данном пособии представлен дополнительный к лекционному материал, касающийся «Учения о химических процессах» и «Эволюционной химии».

3.5 Элементы учения о химических процессах

Для управления химическими процессами разработаны такие разделы химии как **химическая термодинамика, учение о равновесии и химическая кинетика.**

3.5.1 Вопросы химической термодинамики

Термодинамика – это наука об изменениях энергии и превращении энергии в работу. Термин «термодинамика» в переводе с греческого обозначает «теплодвижение». С помощью расчетов в *химической термодинамике* определяют тепловые эффекты химических реакций и возможность их протекания. Но в основе химической термодинамики лежат законы классической физической термодинамики, которые также называются началами термодинамики.

Первый закон термодинамики – теплота, подведенная к системе, расходуется на увеличение ее внутренней энергии и на совершение системой работы против внешних сил. Из первого закона следует вывод: невозможен вечный двигатель первого рода, т.е. двигатель, который совершал бы работу без внешнего источника энергии.

Второй закон термодинамики имеет множество формулировок:

1. Теплота не может переходить сама собой от более холодного тела к более теплему.

2. Невозможно построить такую машину (такой вечный двигатель второго рода), всё действие которой сводилось бы к производству работы и соответствующему охлаждению теплового источника.

3. В изолированных системах для всех необратимых тепловых процессов, энтропия возрастает ($\Delta S > 0$), а максимально возможное значение энтропии достигается в тепловом равновесии ($\Delta S = 0$).

Третий закон термодинамики: при приближении к абсолютному нулю энтропия всякой равновесной системы перестает зависеть от каких-либо термодинамических параметров, т.е. при $T = 0$ и $S = 0$.

Объектом изучения в термодинамике (как физической, так и в химической) является система. По характеру обмена с внешней средой системы делятся на изолированные, закрытые и открытые. Каждая система характеризуется особыми *термодинамическими функциями*, которые называются *функциями состояния системы*. К таким функциям относятся:

внутренняя энергия	– ΔU	энтальпия	– ΔH
энтропия	– S	энергия Гиббса	– ΔG

В данном пособии мы рассмотрим только энтропию, представление о которой далеко выходит за рамки естественных наук. В любом случае, энтропия присутствует в жизни как Вселенной в целом, так и любого объекта, включенного в эту вселенную.

Энтропия (S)

«Царица мира и ее тень» — так назвал свою популярную книгу об энтропии профессор Йенского университета Феликс Ауэрбах. Во всей научно-популярной литературе вряд ли найдется книга, название которой было бы в такой же мере поэтичным и грустным.

Царица мира – это энергия. Тень ее – энтропия. Щедрая, могущественная царица одаряет мир силой и бодростью, а тень ее следует за ней неотступно,

предвещающая не только царице, но и всему осчастливленному ею миру пусть не очень скорую, но неминуемую смерть.

Образ энтропии как тени энергии вполне соответствовал тем представлениям, которые утвердились в науке и считались общепризнанными вплоть до последних лет. Но вот появились на свет кибернетика и теория информации, и образ тени царицы мира перестал соответствовать духу новых научных идей.

Теперь понятие энтропии связывают не только с хаотичным движением молекул нагретого газа – оно включает в себя еще и мутации генов, рождающие новые биологические виды, и ведущийся методом проб и ошибок творческий поиск, и шумовые сигналы, специально подмешиваемые в эвристические (от известного восклицания «Эврика!») программы электронных машин. Если эти процессы лишить содержащейся в них энтропии, они не породят ничего неожиданного, нового.

Этот вывод можно распространить на весь окружающий мир.

Непредсказуемостью, энтропийностью обладает в известной мере любой творческий процесс. Именно поэтому физик Нильс Бор считал оригинальные научные взгляды «сумасшедшими идеями», а поэт Афанасий Фет называл яркие художественные детали и образы «безумной прихотью певца».

Регулярно вспыхивающие в последние десятилетия диспуты о «модерне» и классике в музыке или в живописи, о театре абсурда, о «спонтанности» в архитектуре – это тоже споры о том, какой долей энтропии должны обладать произведения разных жанров искусства, чтобы, с одной стороны, не превратиться в хаотическое нагромождение красок, форм или звуков, а с другой – отличаться от всего ранее созданного непредсказуемостью, то есть новизной.

Нет, энтропия – это не тень царицы, энтропия – это прекрасная молодая принцесса. Своей вечной и неизбывной молодостью мир обязан именно ей.

Неужели ученые столько лет заблуждались? Нет. Энтропия и в самом деле выражает хаос, и если бы мир достиг состояния с наибольшим значением энтропии, его действительно постигла бы тепловая смерть.

Но это лишь одна сторона явления. Как смерть является необходимым условием обновления жизни, так и наличие энтропии, с одной стороны, угрожает всеобщей тепловой смертью, а с другой – служит источником зарождения нового, будоражит и стимулирует жизнь.

Если бы силой волшебства удалось избавить царицу от ее тени, мир избежал бы тепловой смерти, но его тут же постигла бы другая беда – он превратился бы в машину, обреченную на вечное повторение одних и тех же движений, и

каждый день жизни был бы точным повторением предыдущего дня. Если это еще не смерть, то во всяком случае старость, настолько дряхлая, что жизнь превращается в машинальное повторение одних и тех же движений, и ничего нового уже не может происходить.

От такой незавидной участи спасает нас энтропия, та самая, избыток которой грозит будто бы тепловой смертью. В этом и заключается ее двуединая сущность, столь же диалектически противоречивая, как и весь окружающий мир.

«Энтропия» (от греч. поворот, превращение). Это понятие было впервые введено в термодинамику в 1865 г. немецким физиком-термодинамиком Рудольфом Клаузиусом для определения меры необратимого рассеяния энергии, меры отклонения реального процесса от идеального.

Термин «энтропия» употребляется на различных уровнях от бытового до сугубо научного:

на бытовом уровне: энтропия – мера беспорядка или мера неопределенности. Примеры: если взять стопку книг, а затем рассыпать ее, то энтропия увеличится.

в физике: энтропия – одна из термодинамических функций; одно из основных фундаментальных свойств мира, в котором мы живем.

в статистической физике: энтропия – мера вероятности осуществления какого-либо макроскопического состояния.

в теории информации: энтропия – мера неопределенности;

в химии: энтропия – термодинамическая функция, позволяющая расчетным путем определять возможность и направление протекания химических реакций.

Энтропия – важнейшая термодинамическая функция. Она связана со вторым и третьим законами термодинамики. Поэтому прежде, чем говорить об энтропии необходимо получить краткую информацию о термодинамике и законах, на которых она основана.

Свойства энтропии

1. Энтропия – это обычная физическая величина, которую можно измерить, вычислить и выразить числом.

2. Энтропия – мера беспорядка. Порядок означает наличие структуры, а беспорядок – это разрушение и отсутствие структуры. Например, энтропия льда меньше, чем энтропия воды, а при растворении вещества его энтропия повышается. Это происходит потому, что структура жидкой воды менее упорядочена, чем структура льда, а молекулы растворенного вещества обладают большими

степенями свободы, чем молекулы вещества, находящегося в кристаллическом состоянии.

Согласно второму закону термодинамики в изолированных системах со временем происходит неизбежное возрастание энтропии. Следовательно, в изолированных системах со временем происходит разрушение структур и создание беспорядка.

3. *Энтропия мера вероятности состояния системы.* В изолированных системах энтропии обязана возрасть. Следовательно, такие системы со временем будут переходить в состояние со все более высокой степенью вероятности.

4. *Если система изолированная и неравновесная,* то энтропия такой системы только возрастает. Пока система неравновесная, в ней происходят какие-то процессы и энтропия такой системы согласно второму закону термодинамики увеличивается.

5. *Если система изолированная и равновесная,* то энтропия такой системы, достигнув максимума, перестает изменяться.

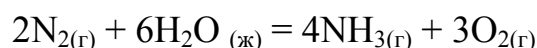
6. *Если система открытая,* то энтропия такой системы может вести себя как угодно: возрастать, убывать и даже оставаться постоянной, если система находится в стационарном состоянии. Второй закон термодинамики не распространяется на открытые системы.

7. *Живые организмы* способны поддерживать упорядоченное низкоэнтропийное состояние внутри своей среды в процессе жизнедеятельности. Это достигается тем, что в процессе обмена веществ организм выносит производимую в ходе жизнедеятельности энтропию в окружающую среду

8. *Энтропия – это низкокачественная энергия.* Вечный двигатель второго рода – это устройство, превращающее низкокачественные формы энергии в высококачественные.

Примеры решения задач на энтропию

Пример №1. Не прибегая к вычислениям, определите, как изменяется энтропия (уменьшается, увеличивается или не изменяется) в следующей реакции:



Решение

В скобках после формулы вещества внизу слева указывается агрегатное состояние. (г) – газообразное; (т) – твердое; (к) – кристаллическое; (ж) – жидкое. Если агрегатное состояние не указано, то вещество находится в газообразном состоянии.

N_2 и H_2O – формулы исходные вещества; NH_3 и O_2 – формулы продуктов реакции.

Цифры перед формулами – число молей. Моль – это количество вещества, содержащее $6,02 \cdot 10^{23}$ структурных единиц (атомов или молекул).

Считаем число молей (только газообразных компонентов) исходных веществ и число молей продуктов реакции.

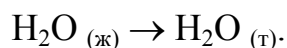
В данном случае исходные компоненты содержат 2 моля газообразных веществ, а продукты реакции – 7 молей ($4 + 3 = 7$).

$2 < 7$, следовательно, *энтропия увеличивается*.

Если сумма молей исходных веществ больше, суммы молей продуктов реакции, то «энтропия уменьшается».

Если суммы молей равны, то «энтропия не изменяется».

Пример №2. Не прибегая к вычислениям, определите, как изменяется энтропия (уменьшается, увеличивается или не изменяется) в следующем случае:



Решение

Энтропия вещества, находящегося в твердом состоянии, намного меньше энтропии вещества, находящегося в жидком состоянии. Поэтому в данном процессе энтропия понижается.

Определение тепловых эффектов химических реакций

Под *тепловым эффектом химической реакции* понимается теплота, подведенная к системе в процессе реакции, или выделившаяся в результате реакции при постоянной температуре.

Раздел химической термодинамики, изучающий тепловые эффекты химических реакций, называется *термохимией*. Уравнения реакций, в которых указаны тепловые эффекты, называются *термохимическими уравнениями*. Тепловые эффекты химических реакций определяют экспериментально или расчетным путем с помощью закона российского ученого Г.И. Гесса (1840) и следствий из этого закона.

Формулировка закона Гесса:

Тепловой эффект химической реакции, протекающей при постоянных давлении и температуре или постоянных объеме и температуре, не зависит от пути ее протекания, а зависит от природы и физического состояния исходных веществ и продуктов реакции.

3.5.2 Учение о равновесии

Смещение химического равновесия обратимой реакции

Все самопроизвольно протекающие химические реакции по направлению протекания можно разделить на две группы: *обратимые и необратимые*.

Необратимые реакции протекают только в одном направлении и могут идти до конца. Обратимые реакции протекают в двух противоположных направлениях и не идут до конца. Большинство реакций в той или иной мере являются обратимыми. В ходе обратимой реакции устанавливается *химическое равновесие*, которому соответствует равенство скоростей прямой и обратной реакций. Концентрации реагирующих веществ, которые устанавливаются при химическом равновесии, называются *равновесными концентрациями*.

Для смещения химического равновесия франц. химик Анри Ле Шателье (1884) предложил следующий принцип:

Если на систему, находящуюся в равновесии, оказывается внешнее воздействие, то равновесие смещается в сторону ослабления этого воздействия. Равновесие смещают изменяя давление и температуру.

1. Изменение температуры

Повышение температуры сдвигает равновесие в сторону эндотермической реакции, при понижении температуры равновесие смещается в сторону экзотермической реакции.

2. Изменение давления

Если исходные вещества являются газообразными, то для смещения равновесия изменяют давление. При повышении давления равновесие смещается в сторону уменьшения числа молей газообразных компонентов и наоборот.

3.5.3 Вопросы химической кинетики

Механизмы и скорости химических реакций изучает химическая кинетика. *Скоростью химической реакции* называется изменение концентрации реагирующих веществ в единицу времени. Скорость реакции зависит от природы реагирующих веществ (энергия активации) и от условий протекания процесса: температуры, давления, концентрации реагирующих веществ, катализатора.

Энергией активации называется та минимальная энергия, которой должна обладать молекула или пара реагирующих молекул, чтобы вступить в химическую реакцию.

Чем выше энергетический барьер, тем меньше молекул, могут его «пере-

прыгнуть» и тем ниже выход конечного продукта. При повышении температуры увеличивается число активных молекул и скорость реакции возрастает. Поэтому часто в промышленности проводят реакции при повышенных температурах. Энергия активации играет важную роль в жизни нашей планеты. Если бы не было такого сдерживающего фактора как энергия активации, то кислород воздуха немедленно бы прореагировал со всем, что может гореть или окисляться. Органические соединения превратились бы в углекислый газ и воду, а если кислорода бы не хватило на все органические соединения, оставшиеся распались бы на более простые, т.к. это очень выгодно из-за уменьшения энергии и увеличения энтропии. Т.о. можно сказать, что окружающий нас мир может существовать длительное время благодаря энергии активации.

Зависимость скорости реакции от концентрации компонентов

выражается *законом действующих масс*: при постоянной температуре скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентрации реагирующих веществ.

Зависимость скорости реакции от температуры

в упрощенной форме выражает *правило Вант-Гоффа*: при повышении температуры на 10 градусов скорость большинства реакций увеличивается в 2–4 раза.

3.5.4 Катализ и его роль в химии

Катализ – это ускорение химической реакции в присутствии особых веществ – *катализаторов*, которые взаимодействуют с реагентами, но в реакции не расходуются и не входят в конечный состав продуктов.

Явление катализа было открыто еще в 1812 г. русским химиком К.С. Кирхгофом. Но механизм катализа долгое время оставался загадкой природы, вызывая к жизни самые разнообразные теории, как чисто химические, так и физические. Эти теории, будучи ошибочными, оказывались полезными хотя бы потому, что наталкивали ученых на новые эксперименты. Ведь дело было в том, что для большинства промышленно важных химических процессов катализаторы подбирались путем бесчисленных проб и ошибок.

Различают следующие виды катализа:

Гетерогенный катализ. Катализатор и реагенты находятся в разных агрегатных состояниях, например, реагенты жидкие или газообразные, а катализатор – твердое вещество;

Гомогенный катализ. Катализатор и реагенты находятся в одном и том же агрегатном состоянии. Например, химическая реакция идет либо в газовой смеси, либо в жидкости, где растворены как катализатор, так и реагенты;

Электрокатализ – реакция идет на поверхности электрода в контакте с раствором и под воздействием электрического тока;

Фотокатализ – реакция идет на поверхности твердого тела или в растворе и стимулируется энергией поглощенного излучения.

Наибольшее распространение имеет гетерогенный катализ, с его помощью осуществляется до 80% всех каталитических реакций в современной химии.

Применение катализаторов послужило основанием коренной ломки всей химической промышленности.

3.6 Эволюционная химия и ее основные проблемы

Под эволюционными проблемами химии следует понимать проблемы самопроизвольного (без участия человека) синтеза новых химических соединений, являющихся к тому же более сложными и более высокоорганизованными продуктами по сравнению с исходными веществами. Поэтому **эволюционную химию считают наукой о самоорганизации и о саморазвитии химических систем.**

Истоки возникновения эволюционной химии связаны с давнишней мечтой химиков – «освоить опыт лаборатории живого организма» и понять, как из неорганической материи возникает органическая, а вместе с нею и жизнь.

Первым осознал исключительно высокую упорядоченность и эффективность химических процессов в живых организмах основатель органической химии - шведский ученый Якоб Берцелиус. Именно он впервые установил, что основой основ лаборатории живого организма является катализ, а точнее биокатализ.

Академик А.Е.Арбузов писал: *«Подражание живой природе есть химия будущего! И в тот день, когда в лаборатории будет синтезирован первый фермент, т. е. биокатализатор, мы можем сказать, что наука получила в свои руки ключ, который она так долго и упорно ищет, - это ключ к химии живой природы».*

Много внимания вопросам ориентации на каталитический опыт живой природы уделял лауреат Нобелевской премии Н. Н. Семенов. Он говорил о химических процессах, протекающих в тканях растений и животных, как о своеобразном «химическом производстве» живой природы. Примером такого слож-

нейшего химического производства является синтез белка на рибосомах, который осуществляется в клетках живых организмов.

Пути освоения каталитического опыта живой природы

Зарождение эволюционной химии произошло в 1960-х годах, когда были открыты случаи самосовершенствования катализаторов в ходе реакции, тогда как обычно в процессе работы они дезактивировались, ухудшались и выбрасывались.

Катализируют процессы в живых организмах белки-ферменты. Ферменты не тождественны обычным катализаторам. Поэтому простое копирование работы ферментов и механическое перенесение эти знания в область неживой природы не приводит к удовлетворительным результатам.

Оказалось, что для реализации опыта живой природы нужно изучить не только как формируется сам фермент, но также клетку, а возможно и весь организм в целом.

В области создания искусственных биокатализаторов-ферментов химики наметили ряд перспективных путей:

1. Исследование металлокомплексного катализа.
2. Моделирование биокатализаторов.
3. Создание химии иммобилизованных систем. *Иммобилизованная система – это система, состоящая из носителя и молекулы фермента, адсорбированной на молекуле носителя.*

При этом ферменты, выделенные из живого организма, закрепляются на твердой поверхности путем адсорбции.

Но все же глобальная цель современной химии – освоение и использование всего опыта живой природы, что позволит химикам создать принципиально новые химические технологии.

ТЕМА 4. КОНЦЕПЦИИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЖИЗНИ

4. 1 Определение понятия «жизнь»

Дать точное определение понятию «жизнь» совсем непросто. Поэтому современная биология при описании живого идет по пути перечисления основных свойств живых организмов. К числу свойств живого обычно относят следующие:

– в состав живого обязательно входят биополимеры – белки и нуклеиновые кислоты;

– живые организмы имеют клеточное строение;

– живые организмы получают энергию из окружающей среды;

– живые организмы активно реагируют на окружающую среду;

– живому свойственны: обмен веществ; способность к росту, развитию, движению и самовоспроизведению;

– живые организмы хорошо приспосабливаются к среде обитания и соответствуют своему образу жизни.

Обобщая вышеприведенное можно дать следующее определение жизни:

***Жизнь** есть форма существования сложных открытых систем, способных к самоорганизации и воспроизводству. Важнейшими функциональными веществами этих систем являются белки и нуклеиновые кислоты.*

Есть и еще одно определение жизни, не привязанное к молекуле нуклеиновой кислоты, т.к. можно представить себе существование жизни не на основе белков и нуклеиновых кислот:

***Жизнь** – это способность живых организмов сохранять и передавать информацию.*

Каким же образом произошла жизнь? С глубокой древности и до нашего времени было высказано огромное количество концепций, предположений, гипотез, объясняющих происхождение жизни на Земле. Рассмотрим некоторые из них.

4.2 Концепция самозарождения

Концепция самозарождения возникла за несколько тысяч лет до н.э. и существовала как альтернатива креационизму до 18 в. Родина этой концепции – Древний Египет, Индия, затем идея была поддержана в Древней Греции. Сущность «самозарождения» заключается в том, что все живое непрерывно возникает из неживого самопроизвольно. Например, древние египтяне считали, что мыши рождаются из ила, пчелы – из рогов умершего бычка, гуси и утки – из плодов деревьев, львы – из камней пустыни. Эта же идея рассматривала случай, когда одна форма жизни трансформируется в другие. Представление о самозарождении просуществовало до середины XVII века. На протяжении более 2 тыс. лет самозарождение животных и растений представлялось само собой разумеющимся. Затем высшие формы жизни были исключены из списка самозарождающихся.

Эксперименты по доказательству невозможности самозарождения впервые проводил в XVII в. житель Флоренции ученый и врач **Ф. Реди**. Он выдвинул мировоззренческий принцип «Все живое – от живого». Из этой формулы следует, что организм рождается от организма, но не из неживой природы.

В **1862 г.** французский химик и микробиолог **Л. Пастер** экспериментально доказал невозможность самопроизвольного зарождения жизни даже на уровне микроорганизмов. Эксперименты Пастера были просты и очевидны и раз и навсегда вычеркнули гипотезу самозарождения.

Эксперимент заключался в следующем. *В две колбы он помещал питательную среду – дрожжевой экстракт с сахаром. В области горлышка одной колбы оттягивал длинную тонкую трубку и изгибал ее. Затем стерилизовал содержимое обеих колб. Через некоторое время в открытой колбе возникла жизнь (раствор мутнеет, т.к. в среде быстро развиваются микроорганизмы), а в колбе с изогнутым концом – нет.*

Пастер это объяснил следующим образом: споры бактерий из внешней среды заносятся потоком воздуха в обе колбы, но в одной колбе они дости-

гают питательной среды и дают начало жизни, а в другом случае – оседают на стенках изогнутой трубки.

4.3 Панспермия

Крушение идеи самозарождения привело ученых XIX в. к мысли о том, что жизнь никогда не возникала на Земле, а была занесена из космоса.

Панспермия в переводе с греческого означает «жизнь повсеместно». Согласно гипотезе панспермии во Вселенной рассеяны зародыши жизни, которые, попав на более-менее подходящую планету, дают начало новой биологической эволюции. Вариантами гипотезы панспермии являются радиационная, кометная и направленная.

1. В 1908 г. шведский ученый С. Аррениус выдвинул гипотезу **радиационной панспермии**. Согласно ей солнечные лучи гонят на Землю споры бактерий. В основу гипотезы легло знание о том, что свет производит на тела давление, т.к. фотоны обладают массой в состоянии движения.

2. Согласно гипотезе **кометной панспермии** (1977, авторы Ф. Хойл и Ч. Викрамасинг) внутри комет образуется и сохраняется не только органика, но и споры бактерий и одноклеточные организмы. На Землю жизнь была доставлена в виде бактерий и одноклеточных с помощью комет.

Критика гипотез радиационной и кометной панспермии

Некоторые микроорганизмы могут существовать в суровых условиях: низких температурах (близких к абсолютному нулю); высоких температурах (80-110°C); их споры выдерживают глубокий вакуум и длительное высушивание; они переносят дозы облучения большие, чем в космическом пространстве. Следовательно, они могли бы переносить жесткие условия космоса. Но в космическом пространстве, в телах метеоритов, падающих на Землю, в кометной пыли микроорганизмы не обнаружены. В силу всего сказанного панспермия как первопричина возникновения жизни на Земле должна быть отклонена.

3. Согласно гипотезе **направленной панспермии** жизнь на Землю была занесена из космического пространства, но уже не случайно, а в результате сознательной деятельности технически развитой цивилизации. Эту гипотезу развивали американские ученые физик Л. Крик и биохимик Ф. Оргел (1967 г.).

Критика гипотезы направленной панспермии.

Убедительных данных о том, что нашу планету посещали инопланетяне нет; жизнь на Марсе и Венере не обнаружена; признаки жизни во Вселенной хотя бы в виде сигналов из Космоса пока не получены.

4.4 Эволюционные концепции происхождения жизни

Сущность этих концепций заключается в том, что жизнь возникает не внезапно, а появляется в результате синтеза из неорганических веществ простых органических веществ, которые постепенно усложняясь, эволюционируют в сторону простых живых систем. Рассмотрим несколько вариантов эволюционных гипотез субстратного типа.

Гипотеза академика А.И. Опарина

В 1924 г. вышел труд А.И. Опарина «Происхождение жизни», в нем были опубликованы идеи, которые составили основу его гипотезы.

Согласно начальному варианту гипотезы на ранней Земле атмосфера была **восстановительной** и состояла из водорода, метана, аммиака, паров воды.

Если бы атмосфера была окислительной, то образующиеся органические соединения, окислялись и разрушались. Восстановительный характер древней атмосферы подтверждается палеонтологическими данными.

Более поздние исследования показали, что в межзвездном пространстве содержатся синильная кислота, формальдегид и ряд простых органических веществ. Следовательно, эти вещества также могли находиться в атмосфере ранней Земли.

В качестве источников энергии Опарин рассматривал коротковолновое ультрафиолетовое излучение Солнца, мощные грозовые электрические разряды, высокую температуру в районах повышенного вулканизма.

Земля возникла 4,5-4,7 млрд. лет назад. Первые признаки жизни на ней появились 3,5 млрд. лет назад. Следовательно, в течение некоторого времени на Земле не было жизни. В этот период на Земле происходила химическая эволюция, которая завершилась появлением первых живых систем.

Согласно А.И. Опарину химическая эволюция протекала в три этапа:

1. Из основных элементов и простейших молекул под действием вышеназванных источников энергии в атмосфере образовались органические соединения. Первые органические молекулы с дождем попали в моря. Море постепенно превратилось в раствор, состоящий из самых разнообразных органических соединений, так называемый «горячий первичный бульон».

2. В первичном бульоне, на прибрежных скалах, на вулканической остывающей лаве происходит образование из органических молекул первого этапа более сложных органических молекул, в том числе белков и нуклеиновых кислот.

3. На третьем этапе образовывались **фазовообособленные системы** (ФОС). В качестве ФОС у Опарина выступают **коацерватные капли** (К.К.). **Коацерват** в переводе с латыни означает накопленный, собранный. В одной из последних своих статей Опарин писал:

«Коацерватные капли возникают при смешивании растворов полимеров. При этом происходит самосборка молекул в капли, в которых сосредотачивается большинство взятых в опыт молекул. К.К. отделены от окружающей среды резкой границей раздела, они способны поглощать вещество и энергию. Включая в К.К. различные катализаторы, можно вызвать в них ряд реакций, в частности полимеризацию поступающих из внешней среды мономеров. За этот счет капли могут расти, а затем дробиться на дочерние образования. Одни капли в эксперименте могут расти быстрее, другие медленнее или даже

подвергаются распаду. Таким образом, модель К.К. демонстрирует зачатки естественного отбора».

Согласно гипотезе Опарина естественный отбор происходит на уровне ФОС в целом. В результате такого отбора ФОС эволюционировали до доклеточного предка (**пробионта**).

Однако есть серьезные возражения против К.К. в качестве модели доклеточного предка – коацерваты лишены способности к самовоспроизведению и саморегуляции синтеза органических веществ.

Гипотеза Д. Холдейна

В 1929 г. появляется гипотеза английского биохимика Д. Холдейна, основные положения которой заключаются в следующем:

1. Атмосфера Земли не содержала кислорода, но не была обязательно восстановительной; в атмосфере могли содержаться окисленные формы азота и углерода.

2. В условиях ранней Земли могли происходить абиогенные синтезы биологически важных соединений.

3. В накоплении на Земле органики играли роль кометы, иначе бы жизнь возникла позже.

4. Доклеточным предком была макромолекулярная система подобная гену, способная к саморепродукции и названная Холдейном «**голым геном**».

Концепции Опарина и Холдейна имеют много общего, но расходятся в трактовке доклеточного предка. У этих ученых было много сторонников и последователей, и в конечном итоге все биохимические эволюционные гипотезы оказались разделенными на 2 группы:

1. Группа гипотез, построенных на идее **голобиоза**, т.е. доклеточный предок – ФОС, способная к обмену веществ (идея Опарина).

2. Группа гипотез, построенных на идее **генобиоза**, т.е. доклеточный предок – молекулярная система со свойствами первичного генетического кода (идея Холдейна).

Справедливость основных положений гипотез Опарина и Холдейна проверяли экспериментально. Первыми такого рода эксперименты провел Миллер, аспирант американского химика Г. Юри в 1953 г. Синтезы проводились в условиях, моделирующих химический состав атмосферы и источники энергии ранней Земли (по Опарину).

Эксперименты подтвердили, что:

1. В условиях ранней Земли можно получить почти все простые органические соединения, содержащиеся в живых клетках.

2. Возможен абиогенный синтез белков и нуклеиновых кислот. Хотя не все ученые согласны с этим выводом (см. Приложение).

Главная проблема, которую не смогли решить в рамках эволюционных гипотез субстратного направления: каким образом возник матричный синтез белков. Основная трудность здесь состоит в том, что для репликации (удвоения) ДНК нужны белки-ферменты, а для создания белков необходимы нуклеиновые кислоты. Эта, казалось, замкнутая цепь была разорвана открытием каталитической функции молекул РНК в 1982 г. амер. биологом Чеком.

Кроме того, стало известно, что

- молекула РНК наделена такой же генетической памятью, как и молекула ДНК;
- РНК содержится во всех организмах, а ДНК не во всех;
- возможен перенос генетической информации не только от ДНК к РНК, но и обратно.

После открытия каталитических функций молекул РНК была высказана гипотеза, что первоначально на Земле появились нуклеиновые кислоты (РНК), которые одновременно могли служить и катализаторами синтеза белков.

По словам академика А.С.Спирина заведующего кафедрой молекулярной биологии биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова:

«Современная жизнь – это РНК, передавшая часть своих генетических функций, рожденному ею же родственному полимеру ДНК, и синтезирующая белки для функционирования содержащих ее клеток».

Гипотеза Д. Бернала

Еще на один «трудный» вопрос в рамках эволюционных представлений – **образование мембранных структур** – пытался ответить в своей гипотезе английский биохимик Джон Бернал (1947).

Бернал считал, что наиболее удачные условия для возникновения жизни складывались в небольших спокойных теплых водоемах.

Для того чтобы белки и нуклеиновые кислоты начали взаимодействовать между собой, они должны быть отграничены от окружающей среды. Этой границей могли быть мембраны. Мембраны могли образовываться следующим образом. На поверхности водоемов были липидные пленки. На этих пленках за счет электрического притяжения адсорбировались растворенные в воде белковые молекулы. Пленки изгибались, образуя пузырьки, которые могли содержать белки и нуклеиновые кислоты. Липидная пленка пузырька могла покрыться вторым слоем липидной пленки. Так образовывались мембраны, которые очень напоминают нам сегодняшнюю биологическую мембрану. В течение миллионов лет мембраны усложнялись и, в конце концов, вся система – мембрана и ее содержимое – эволюционировала до первого живого организма – пробионта.

ВЫВОДЫ:

Гипотезы Опарина, Холдейна и их последователей так и не смогли до конца объяснить возникновение жизни, поэтому эта проблема актуальна и в современном естествознании. По ней ведутся интенсивные исследования в различных научных центрах нашей страны и за рубежом. Проблема происхождения жизни является комплексной. Над ее решением работают не только биохимики, биологи и специалисты в области молекулярной биологии, но и геологи, палеонтологи, геохимики, космохимики.

4.5 Космохимическая гипотеза

Согласно гипотезе Опарина – Холдейна предбиологическая (химическая) эволюция на Земле продолжалась в течение 1,5-2 млрд. лет. Но многие извест-

ные ученые (В.И. Вернадский, Л.С. Берг, Л.А. Зенкевич) считают, что *этот временной период недостаточен для того, чтобы из метана, аммиака и водорода в результате химической эволюции зародилась жизнь.*

Успехи науки, появление новых эмпирических данных в области геологии, космохимии, экспериментальной биологии подтверждают предположения Вернадского и других ученых, мыслящих аналогично. Какие же новые данные предоставила нам геологическая наука последних десятилетий?

Данные геохимических исследований древнейших пород показывают, что фотоавтотрофная биосфера существовала на нашей планете не менее 4 млрд. лет назад. Но фототрофные организмы были вторичными в процессе эволюции живого вещества. Автотрофному способу питания живых организмов предшествовал гетеротрофный как более простой. Следовательно, начало жизни отодвигается еще дальше, т.е. более чем на 4 млрд. лет назад. Учитывая, что возраст Земли (4,5-4,7 млрд. лет) и невозможность химической эволюции за 0,5-0,7 млрд. лет можно прийти к общему заключению, что **химическая эволюция как существенная предпосылка эволюции биологической началась в космических условиях до образования Земли.**

Жизнь связана с космосом по атомному составу и в энергетическом отношении. Главные химические элементы живого вещества широко распространены в космосе. Методами радиоастрономии в космических облаках обнаружены органические молекулы, состоящие из 8-11 атомов. В межзвездной среде в силу низкой концентрации вещества образование молекул из химических элементов маловероятно, поэтому было высказано предположение, что в построении межзвездных молекул принимали участие частицы космической пыли. Эти частички состоят из ядра преимущественно силикатного состава, окруженного оболочкой из органического вещества. В оболочке под действием ультрафиолетового облучения, по-видимому, происходят различные химические процессы, ведущие к усложнению первоначального вещества. Масса космических облаков огромна; они являются резервуаром органического вещества космоса. Но

найденные в космических облаках органические соединения относительно просты и не могли бы обеспечить начало жизни на благоприятной планете.

Особое внимание заслуживает органическое вещество в метеоритах.

Метеориты – это осколки астероидов. Большинство выпавших на Землю метеоритов каменные или железные. Каменные метеориты, содержащие большое количество органического вещества, называются **углистыми хондритами**. В углистых хондритах найдены насыщенные, непредельные и ароматические углеводороды, углеводы, карбоновые кислоты, азотистые соединения, т.е. достаточно сложные органические вещества.

Больше всего астероидов движется в поясе между Марсом и Юпитером. Установлено, что в астероидном поясе преобладают тела, имеющие состав углистых хондритов, т.е. содержащие сложное органическое вещество.

Большой интерес с точки зрения поиска источника органики в космосе представляют кометы. Пыль кометных хвостов имеет природу хондритовых метеоритов.

Таким образом, данные космохимии метеоритов, астероидов и комет говорят о том, что образование органических соединений на ранних стадиях развития Солнечной системы было типичным и массовым явлением. Наиболее интенсивно оно проявилось в пространстве будущего кольца астероидов, но охватывало и другие области протопланетной солнечной туманности, включая ту область, из которой возникло Солнце.

Химическая эволюция вещества протопланетной туманности, дойдя до определенного этапа формирования сложных органических соединений, оказалась как бы замороженной в большинстве тел Солнечной системы и лишь на Земле она продолжилась, достигнув невероятной сложности в виде живого вещества.

4.6 Креационизм и гипотеза стационарного состояния

Кроме рассмотренных концепций, пытающихся объяснить происхождение жизни на нашей Земле, существуют концепции, которые ничего не объясняют, а просто утверждают – это креационизм и концепция стационарного состояния.

Креационизм (творение) – концепция божественного происхождения жизни, основанная на вере, и поэтому не относится к области науки. В познавательном плане эта концепция принципиально бесплодна.

Гипотеза стационарного состояния утверждает, что Земля никогда не возникала, а существовала вечно; она всегда была способна поддерживать жизнь, а если и изменялась, то очень незначительно; виды также никогда не возникали, они существовали всегда, и у каждого вида есть лишь две возможности - либо изменение численности, либо вымирание.

Гипотезу стационарного состояния иногда называют гипотезой этернизма (от лат. *eternus* – вечный). Гипотеза этернизма была выдвинута немецким учёным В. Прейером в 1880 г.

Взгляды Прейера поддерживал академик Владимир Иванович Вернадский (1864 – 1945), автор учения о биосфере. Вернадский считал, что жизнь – такая же вечная основа космоса, которыми являются материя и энергия. Исходя из представления о биосфере как о земном, но одновременно и космическом механизме, Вернадский связывал ее образование и эволюцию с организованностью Космоса.

Эта концепция носит абсолютно умозрительный характер и не согласуется с многочисленными свидетельствами эволюционности живого.

Стереоспецифическая селекция

Рассмотрим вопрос, ставший камнем преткновения для любой теории происхождения жизни, претендующей на полноту и объективность. Этот вопрос можно обозначить как стереохимическая селекция.

Ближе всего к решению проблемы происхождения жизни стоят эволюционные гипотезы, согласно которым вначале на Земле происходила химическая эволюция, завершившаяся отбором «нужных» для создания пробионта белков и нуклеиновых кислот.

Белки и нуклеиновые кислоты – это биополимеры, состоящие из аминокислот – мономеров белка и нуклеотидов – мономеров нуклеиновых кислот. В свою очередь в состав нуклеотидов кроме всего прочего входят сахара.

Аминокислоты и сахара существуют в виде двух пространственных изомеров (энантиомеров) – L и D (от лат. *laevus* – левый и *dexter* – правый). Энантиомеры подобно правой и левой руке зеркально отображают друг друга, и ни при каком перемещении в пространстве не могут совмещаться друг с другом, что обозначается термином «хиральность» (от греч. *hier* – рука).

Каждый в отдельности взятый энантиомер обладает оптической активностью, его раствор способен отклонять плоскость проходящего плоскополяризованного света на определенный угол: в одном случае вправо (правовращающий изомер), в другом – влево (левовращающий изомер). Первым экспериментально обнаружил факт существования оптических изомеров Л. Пастер в 1854 г., при изучении винной кислоты.

Равновеликая смесь «левых» и «правых» энантиомеров называется рацематом и оптическую активность не проявляет. В ходе химического абиогенного синтеза всегда получается рацемат. Отсюда можно заключить, что на ранней Земле безраздельно господствовали органические рацематы, но такие соединения совершенно бесполезны для биохимической эволюции. Но жизнь все

же возникла. Значит рацематическая симметрия была каким-то образом нарушена.

Биология доказала, что все основополагающие биохимические процессы, протекающие в живых клетках, стереоспецифичны и стереоселективны. Например, ферментативные реакции осуществляются с участием (или приводят к образованию) одного из двух возможных энантиомеров. Другой пример – из пары энантиомеров аминокислот и углеводов биологическую активность проявляют левовращающие аминокислоты и белки.

Нет жизни без асимметрии, как и нет в природе асимметрического состояния органического вещества в ощутимых масштабах вне жизни. Один единственный признак – асимметрия – проводит резкую грань между живым и неживым и на то должна быть весомая причина.

Вначале в ученом мире сложилось представление о произвольном и совершенно случайном предпочтении определенного типа оптических изомеров сахаров и аминокислот, которое возникло на ранних этапах предбиологической эволюции.

Сам Пастер считал, что зеркальная асимметрия свойственна всей Вселенной и в целом «навязана» Земле извне.

Позже рассматривались более конкретные асимметризирующие факторы, например, влияние магнитного и гравитационного полей Земли.

Однако вполне реалистичным может быть и эволюционный сценарий происхождения оптической асимметрии через случайную изменчивость и естественный отбор наиболее жизнеспособных молекул и не обязательно в глобальных масштабах.

Нет сомнения в том, что жизнь возникла именно благодаря асимметрии, которая была закреплена в процессе естественного отбора. Но мы до сих пор не знаем, почему жизнь выбрала для аминокислот левые антиподы, а для сахаров – правые. Думается, этот выбор был сделан неспроста и что квантово-химический подход рано или поздно даст ответ на этот вопрос.

ТЕМА 5. БИОСФЕРА

5.1 Представление о биосфере в свете учения В.И. Вернадского

Биосфера – это сложная система, состоящая из живых организмов и среды их обитания. Термин «биосфера» впервые был использован в начале XIX в. франц. естествоиспытателем Ж. Б. Ламарком. В 1875 г. австр. геолог Эдуард Зюсс (1831-1914) в книге «Лик Земли», пишет, что «биосфера – это область нахождения живой материи».

Учение о биосфере было сформулировано русс. уч. Владимиром Ивановичем Вернадским (1863-1945) в его знаменитой книге «Биосфера» (1926). Согласно Вернадскому: биосфера – это сфера единства живого и неживого на Земле.

Область расположения биосферы – это вся гидросфера, верхняя часть литосферы нижняя часть атмосферы. Область расположения биосферы не просто заселена живыми организмами, но и *в существенной степени* переработана ими; это не только среда жизни, но и продукт жизнедеятельности организмов. Поэтому можно сказать, что биосфера – это оболочка земли, населенная живыми организмами и ими преобразованная.

Согласно Вернадскому в биосфере существует *семь типов веществ*: живое, биогенное, биокосное, косное, вещество космического происхождения, рассеянные атомы, радиоактивное вещество.

Функции живого вещества: энергетическая, окислительно-восстановительная, концентрационная, деструктивная, средообразующая, газовая. Деятельность этих функций приводит к **биогенной миграция**, т.е. перемещению химических элементов в природе в процессе жизнедеятельности растений, животных, микроорганизмов.

Свойства биосферы: интегративные свойства, централизованность, устойчивость и саморегуляция, открытость, большое разнообразие живых и неживых компонентов, круговороты веществ.

Составной частью биосферы является *экосистема* – сообщество живых организмов и среды их обитания, которые функционируют совместно.

Внешней средой биосферы являются: верхняя часть литосферы и космическое окружение.

5.2 Физические факторы, влияющие на биосферу

К физическим факторам, влияющим на биосферу относятся: космические, радиационные и электромагнитные.

Космические факторы

1. Расстояние от Солнца, наклон земной оси к плоскости земной орбиты, скорость обращения Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца. Все это определяет климат нашей планеты, а климат влияет на жизненные циклы всех существующих на Земле организмов.

2 Солнце как источник энергии. Все процессы в биосфере протекают благодаря энергии Солнца.

3. Солнце, как источник солнечной активности (СА). СА - это комплекс нестандартных образований в атмосфере Солнца (пятна, факелы, протуберанцы, вспышки и др.). СА имеет в среднем 11-летнюю цикличность.

На связь биосферы с солнечной активностью впервые указал русский уч. основатель гелиобиологии А. Л. Чижевский в своей книге «*Эхо солнечных бурь*» (1936). Чижевский на многочисленных примерах показывает, что солнечная активность влияет на самые разнообразные стороны жизни органического мира Земли.

4. Луна. Влияние Луны проявляется в виде приливов и отливов и дополнительного освещения земной поверхности.

5. Космос является источником природных электромагнитных волн и радиации, о которых речь пойдет далее.

Радиационные факторы

Земля имеет определенный радиационный фон, который связан с наличием в земной коре, атмосфере и гидросфере, космическом пространстве источников радиоактивности.

Источниками радиоактивности являются неустойчивые ядра некоторых атомов, которые самопроизвольно распадаются. Распад сопровождается испусканием ионизирующего излучения, которое называется радиацией.

Различают несколько видов радиации: α -частицы, β -частицы, γ -излучение, рентгеновское излучение, нейтроны. Естественным источником рентгеновского излучения является Солнце, но земная атмосфера обеспечивает от него надежную защиту.

По происхождению радиоактивность делят на *естественную* (природную) и *техногенную*.

Естественная радиоактивность существует миллиарды лет, она присутствует повсюду. Любой человек слегка радиоактивен: в тканях человеческого тела главными источниками природной радиации являются *калий-40* и *рубидий-87*, причем не существует способа от них избавиться.

Основную дозу радиации современный человек получает в помещениях дома или на работе из стройматериалов, из которых построены здания.

Существенный вклад в облучение человека вносит *радон* и продукты его распада. Источником радона является земная кора. Радон проникает через трещины и щели в фундаменте, полу и стенах и задерживается в помещениях.

Источником радона в помещениях являются сами строительные материалы (бетон, кирпич и т.д.). Радон может поступать в дома также с водой (особенно если она подается из артезианских скважин).

Радон в 7,5 раз тяжелее воздуха. Поэтому он в большей степени концентрируется в нижних этажах многоэтажных домов.

Основную часть дозы облучения от радона человек получает, находясь в закрытом, непроветриваемом помещении; регулярное проветривание может снизить концентрацию радона в несколько раз.

При длительном поступлении радона и его продуктов в организм человека многократно возрастает риск возникновения рака легких.

Техногенная радиоактивность возникает вследствие человеческой деятельности. Например, исследования нефтепромыслов на территории России показывают значительное повышение уровней радиации в районе скважин, вызванное отложением на оборудовании и прилегающем грунте *солей радия-226, тория-232 и калия-40*. Особенно загрязнены действующие и отработавшие трубы, которые нередко приходится классифицировать как радиоактивные отходы.

Электромагнитные факторы

Биосфера погружена в электромагнитные (ЭМ) поля, имеющие космическое, земное и биогенное происхождение.

Благодаря ЭМ волнам мы получаем информацию с помощью органов зрения, радио, телевидения и прочих аналогичных устройств.

ЭМ взаимодействие между ядрами атомов и электронами создает атомы. Атомы соединяются в молекулы химическими связями, имеющими электрическую природу. Электростатическое притяжение между молекулами способствует образованию вещества.

ЭМ поля по происхождению делятся на:

1. Поля космического происхождения. Они создаются потоками заряжен-

ных частиц, бомбардирующих Землю из Космоса.

2. Поля земного происхождения. Это ЭМ поле Земли, процессы, происходящие в атмосфере Земли (молнии, колебания в ионосфере).

3. Поля биогенного происхождения. Они образуются в результате жизнедеятельности организмов. Например, на клеточном уровне они возникают в результате работы *митохондрий*, на уровне органов – при работе *сердца*, на уровне организма – при *нервных и мышечных сокращениях*.

4. Поля искусственного происхождения. Они создаются

– устройствами, специально созданными для излучения ЭМ энергии (радио- и ТВ-станции, физиотерапевтические приборы и т.п.)

– устройствами, не предназначенными для излучения ЭМ энергии в пространство (линии электропередач, трансформаторные подстанции, бытовая и организационная техника).

ЭМ излучение любого происхождения в определенной степени представляет опасность для здоровья живого вещества биосферы.

5.3 Биосфера и космические циклы

Космические факторы способствуют возникновению в биосфере так называемых Космических циклов (КЦ).

КЦ – это повторяющиеся временные периоды, влияющие на состояние биосферы. Все живое на Земле подстраивается к ритмам геосфер (атмосфера, литосфера, гидросфера). К таким ритмам относятся, прежде всего, суточные и сезонные.

Суточные ритмы

В сутках 24 часа. День сменяет ночь, ночь – день. Все это физиологически учитывается организмами. Например, строгому суточному ритму в человеческом организме подчинено около 40 процессов.

Установлена цикличность в функционировании печени человека. В первую половину дня печень расходует запасенный гликоген, превращая его в простые сахара. Во второй половине дня печень усваивает сахара, накапливая гликоген и воду.

На протяжении суток циклично колеблется содержание **гемоглобина** в крови, максимум его приходится на (11 – 13) ч., а мин. – на (16 – 18) ч.

Суточным колебаниям подвержено *содержание в крови ионов калия, магния, натрия, кальция, железа*. Ночью повышается количество солей магния, а в мозговой жидкости – солей калия. Оба эти соединения гасят нервно-мышечную возбудимость.

По суточному графику работает вегетативная нервная система.

Статистика утверждает, что даже рождение и смерть чаще случаются в темную часть суток, около полуночи.

Сезонные ритмы

Вся живая природа чутко реагирует на сезонные изменения температуры, интенсивность солнечного излучения. Весной покрываются листвой деревья, осенью листва опадает, затухают обменные процессы, многие животные впадают в спячку и т. д.

В зависимости от времени года у человека изменяется давление крови, количество гемоглобина, меняется интенсивность обменных процессов. Причем эти колебания различны в различных климатических поясах.

Ритмы, связанные с солнечной активностью

В годы максимума солнечной активности свертываемость крови увеличивается, что очень опасно для людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями (у них и так свертываемость высока). Поэтому при увеличении солнечных пятен учащаются инфаркты, инсульты.

Согласно исследованиям Чижевского максимум общественной активности совпадает с максимумом солнечной активности. По подсчетам Чижевского, во время минимума солнечной активности социальная активность составляет не более 5%, во время максимума — достигает 60%.

Приведенные факты позволяют нам говорить о влиянии космоса не только на физиологические процессы в отдельном человеческом организме, но и на общественный организм.

Подстройка жизни в биосфере под космические циклы показывает о тесной связи живого Земли и Космоса. Об этом же говорят обнаруженные в Космосе достаточно сложные органические соединения. Не исключено, что космохимическая гипотеза зарождения жизни на Земле является наиболее верной.

5.4 Ноосфера

Ноосфера – это часть биосферы, находящаяся под влиянием человека и им преобразуемая.

Учение о ноосфере возникло в рамках космизма – философского учения о неразрывном единстве человека и космоса, человека и Вселенной. Понятие ноосферы как идеальной, «мыслящей» оболочки, формирование которой связано с сознанием человека, ввел в начале XX в. фр. уч. П.Тейяр де Шарден. Вернадский дал этому термину новое, материалистическое содержание. Сегодня под

ноосферой мы понимаем высшую стадию биосферы, связанную с возникновением и развитием человечества, которое, познавая законы природы и совершенствуя технику, начинает оказывать определяющее влияние на ход процессов на Земле и в околоземном пространстве, изменяя их своей деятельностью.

Ноосфера – предположительно новая, высшая стадия эволюции биосферы; биосфера, управляемая разумом человека на основе глубокого научного знания всех протекающих в ней процессов.

Развитие ноосферного учения связано в первую очередь с именем **В.И. Вернадского**. Он был уверен, что научная деятельность человека является той силой, которая превратит биосферу в ноосферу.

О формировании на Земле ноосферы Вернадский наиболее подробно написал в своей незавершенной работе *«Научная мысль как планетное явление» 1944 г.* Согласно Вернадскому для перехода биосферы в ноосферу необходимо, чтобы:

1. Человечество стало единым целым, заселив и преобразовав всю планету.
2. Стали более мобильными средства обмена информацией между странами;
3. Усилились связи, в том числе политические, между всеми странами Земли;
4. Расширились границы биосферы, произошел выход в космос;
5. Были открыты и начали активно использоваться новые источники энергии;
6. Установилось реальное равенство людей всех рас и религий;
7. Наладилось разумное преобразование первичной природы Земли с целью сделать ее способной удовлетворить все материальные, эстетические и духовные потребности численно возрастающего населения;
8. Были исключены войны из жизни общества;
9. Произошел рост общего уровня жизни, были побеждены голод и болезни.

В трудах В. И. Вернадского нет законченного и непротиворечивого толкования сущности материальной ноосферы как преобразованной биосферы, т.е. учение о ноосфере Вернадским не было завершено.

В настоящее время учение о ноосфере разрабатывается большой группой ученых (Л. Андерсон, Д. Беккер, Н. Моисеев, А. Яншин, А. Урсул и др.).

Согласно мнению большинства из них, ноосфера – одно из возможных состояний Земли в будущем, но состояние не застывшее, а изменяющееся со временем. Следует говорить не просто о ноосфере, а о *ноосферерогагенезе*. Т.е. о не-

прерывном процессе эволюции биосферы Земли в сторону образования ноосферы.

В становлении ноосферы обычно выделяют 3 этапа.

1) *Информационный* (становление информационного общества, наукоемких технологий).

2) *Экологический* (становление общества с высокой экологической культурой).

3) *Космический* (освоение космического пространства и становление космоноосферы).

Все это трудновыполнимо в масштабах планеты. Необходимо изменить мировоззрение человечества в целом, неизбежны компромиссы и жертвы особенно со стороны высокоразвитых стран. В заключение можно сказать, что на сегодня идея ноосферы остается слабо разработанной, и путь в ноосферу кажется еще более трудным и неопределенным, чем это предполагал Вернадский.

Ноосфера – это высшая стадия развития биосферы, когда преобразующая деятельность человека основывается на научном понимании естественных и социальных процессов с учетом общих законов развития природы.

Ноосфера не может формироваться стихийно, для ее формирования необходимы: сознательная деятельность людей, активное вмешательство разума в судьбу природы. Изменения биосферы должны происходить в интересах человечества, но без ущерба для самой биосферы. Такое взаимоотношение человека и биосферы называется *КОЭВОЛЮЦИЕЙ*.

Идеи В. И. Вернадского нашли отражение в современной *концепции устойчивого развития*. Человеческая цивилизация достигла критического уровня, после которого одинаково возможны и качественно новая степень развития, и катастрофа. Устойчивое развитие предполагает как установление баланса между потреблением и воспроизводством природных ресурсов, так и обеспечение устойчивого роста благосостояния, социальной защищенности и возможности гармоничного развития личности. Устойчивое развитие – это поступательное движение темпов экономического роста, при котором давление на окружающую среду компенсируется восстановлением ее свойств.

ТЕМА 6. ЭКОЛОГИЯ БИОСФЕРЫ

С биологической точки зрения человеческое общество – это совокупность живых организмов. *Наука, изучающая взаимоотношения живых организмов между собой и со средой их обитания, называется экологией.*

В основе взаимоотношений человека с природой лежит использование природных ресурсов в целях удовлетворения материальных и культурных потребностей человеческого общества. Такое использование природных ресурсов называется **природопользованием**.

Результат природопользования – воздействия человека на природу. Эти воздействия изучаются и классифицируются. Рассмотрим одну из классификаций воздействия человека на природу (табл. 1).

Таблица 1

Классификация воздействий человека на природу

Вид воздействия	Пример	Экологический результат
Разрушительное (деструктивное)	вырубка дождевых лесов под пастбища или плантации	нарушается биогеохимический круговорот веществ, почва за 2-3 года теряет свое плодородие
Стабилизирующее	Почвозащитные мероприятия, направленные на уменьшение эрозии почвы	замедление деструкции природной среды
Конструктивное	восстановление численности редких видов животных и растений	восстановление природной среды

Негативное воздействие на природу оказывает производственно-хозяйственная деятельность человека, связанная с добычей полезных ископаемых, строительством, земледелием.

В результате бездумной деятельности человека сокращаются природные ресурсы, загрязняется природная среда.

Но, что плохо Природе, то плохо и Человеку, потому, что *человек и общество в целом связаны с природой своим происхождением, существованием, своим будущим.*

Заботясь о Природе, Человек фактически заботится о своем выживании.

Экологический кризис

Нерациональное природопользование приводят к экологическому кризису. *Экологическим кризисом называются устойчивые отрицательные изменения окружающей среды, представляющие угрозу для здоровья людей.* Кризис – обратимое явление, в котором человек выступает активно действующей стороной.

Главное не допустить экологической катастрофы, которая является явлением необратимым и в которой человек предстанет лишь пассивной, страдающей стороной.

Деятельность человека уже спровоцировала несколько экологических кризисов. Рассмотрим их.

Первый экологический кризис.

Кризис консументов (10-50 тыс. лет назад)

Около 1,6 млн. лет назад человек научился пользоваться огнем. Это позволило ему заселить территории с умеренным климатом и заняться охотой. Это привело к массовому уничтожению млекопитающих средних широт.

Этот кризис заставил человека перейти от охоты и собирательства к скотоводству и земледелию.

Второй экологический кризис.

Кризис примитивного земледелия(1,5 -2 тыс. лет назад)

Первые земледельческие цивилизации возникли в районах недостаточного увлажнения, что потребовало создания оросительных систем. В результате эрозии и засоления почв произошли локальные экологические катастрофы в бассейнах рек Тигр и Евфрат, а сведение лесов привело к появлению пустыни Сахара на месте плодородных земель.

Третий экологический кризис.

Кризис продуцентов. (150-250 лет назад)

Позднее земледелие продвинулось на территории достаточного увлажнения, в районы лесостепи и леса, в результате чего началась интенсивная вырубка лесов. Развитие земледелия и нужда в древесине для строительства домов и кораблей привели к катастрофическому уничтожению лесов в Западной Европе. Сведение лесов в прошлом и настоящем вызывает изменение газового состава атмосферы, климатических условий, водного режима, состояния почв.

4. Глобальное загрязнение среды и угроза истощения ресурсов.

Кризис редуцентов. 30-50 лет назад

За последние 100 лет потребление возросло в 100 раз. В результате появилось огромное количество отходов в виде несвойственных природе веществ. В

результате возник **кризис редуцентов**. Редуценты не успевают очистить биосферу от загрязнений. Это приводит к нарушению круговорота веществ в биосфере.

5. Глобальный термодинамический кризис. Начался и прогнозируется.

Связан с выделением в биосферу большого количества тепла из внутренних источников, что способствует усилению парникового эффекта.

6. Глобальное истощение надежности экологических систем.

По причине нарушения экологического равновесия в масштабах планеты.

Нарастание экологической напряженности проявляется и в **социальных последствиях**. К негативным социальным последствиям относятся: нарастающая нехватка продовольствия в мире, рост заболеваемости населения в городах, возникновение новых болезней, экологическая миграция населения, возникновение локальных экологических конфликтов из-за создания экологически опасных в глазах населения предприятий, экологическая агрессия – вывоз токсичных технологических процессов и отходов в другие страны и т.д.

Важнейшие экологические проблемы современности и их тенденции

К важнейшим экологическим проблемам современности относятся:

1. Загрязнение окружающей среды

Загрязнение – это внесение в окружающую среду или возникновение в ней (обычно не характерных для нее) вредных химических, физических, биологических, информационных агентов.

Загрязнение может возникать в результате естественных причин (пыльные бури, вулканический пепел) или под влиянием деятельности человека (**антропогенное загрязнение**). Варианты антропогенных загрязнений приведены в табл. 2.

2. Парниковый эффект или глобальное потепление климата

Парниковым эффектом называется разогрев нижних слоев атмосферы вследствие способности атмосферы пропускать коротковолновую солнечную радиацию, но задерживать длинноволновое тепловое излучение земной поверхности.

Парниковому эффекту способствует поступление в атмосферу антропогенных примесей (**диоксида углерода, метана, пыли, фреонов...**).

(–) для человечества последствием парникового эффекта является повышение уровня мирового океана в результате таяния материковых и морских льдов, теплового расширения океана.

Таблица 2

Классификация антропогенных загрязнений

№	Загрязнение	В чем проявляется
1	Ингредиентное	загрязнение совокупностью веществ, количественно или качественно враждебных естественным биогеоценозам (бытовые стоки, ядохимикаты, удобрения и др.)
2	Параметрическое	связано с изменением качественных параметров окружающей среды (шумовое, тепловое, световое, радиационное, электромагнитное)
3	Биоценотическое	воздействия, вызывающие нарушение в составе и структуре популяций живых организмов (перепромысел...)
4	Стационально-деструкционное	(станция – место существования популяции, деструкция - разрушение) вызывает перемена ландшафтов и экологических систем в процессе природопользования (вырубка лесов, эрозия почвы и др.)

3. Истощение озонового слоя

Слой атмосферы с наибольшей концентрацией озона на высоте 22-24 км называется озоносферой.

Истощение озонового слоя приводит к образованию озоновых дыр.

Озоновая дыра – это значительное пространство в озоносфере планеты с заметно пониженным (до 50% и более) содержанием озона.

Основной причиной возникновения озоновых дыр является значительное содержание в атмосфере фреонов (фторхлоруглеродов). Это высоколетучие, химически инертные у земной поверхности вещества, широко применяемые в производстве и в быту в качестве хладагентов, пенообразователей и распылителей. Фреоны, поднимаясь в верхние слои атмосферы Земли разрушают озоновый слой.

4. Кислотные дожди

Кислотный дождь – это дождь или снег подкисленный до pH менее 5,6 из-за растворения в атмосферной влаге антропогенных выбросов (NO, NO₂, SO₂).

Выпадение кислотных дождей приводит к ухудшению состояния и гибели целых лесных массивов, а также снижению урожайности многих сельскохозяй-

ственных культур, сокращение запасов промысловой рыбы, деградацию многих видов организмов и др.

Законы взаимодействия общества и природы

О разумном природопользовании экологи заговорили в XX веке. В этом смысле представляют интерес законы взаимодействия Природы и Общества, сформулированные в начале 70-х годов XX века амер. экологом Барни Коммонером (1974).

Первый закон. Все связано со всем.

Этот закон обращает внимание на всеобщую связь процессов и явлений в природе. Он предостерегает человека от необдуманного воздействия на отдельные части экосистем, т.к. это может привести к непредвиденным последствиям, например, осушение болот приводит к обмелению рек.

Второй закон. Все должно куда-то деваться.

Хозяйственная деятельность человека неизбежно приводит к отходам, загрязняющим окружающую среду. Закон призывает человека думать об уменьшении количества отходов и о последующем их использовании.

Третий закон. Природа «знает» лучше.

Это закон разумного, сознательного природопользования. Человек часть природы, а не ее властелин. С природой надо сотрудничать, но не покорять ее. Человечество первой половины XX века считало, что «мы не можем ждать милостей от природы, взять их у нее наша задача». К настоящему времени мы понимаем не просто ошибочность, но и вредность данного лозунга.

Четвертый закон. Ничто не дается даром.

Это закон рационального природопользования. Биосфера – единое целое, в рамках которого ничего не может быть выиграно или потеряно. Например, за дополнительную очистку отходов надо платить энергией; за повышение урожая – удобрениями; за ухудшение здоровья человека – санаториями и лекарствами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Астрономия. Век XXI. /В. Сурдин. – Фрязино: Век 2, 2008. – 624 с.
2. Баранников А.А. Основные концепции современной физики : учеб. пособие: доп. УМО / А.А. Баранников, А.В. Фирсов. – 2-е изд., доп. – М.: Высш. шк., 2009. – 350 с.
3. Борыняк Л.А. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.А. Борыняк, Г.Ф. Сивых, Н.В. Чичерина. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. – 192 с.
4. Ефремов Ю.Н. Звездные острова. – Фрязино: Век 2, 2005. – 272 с.
5. Козиков, И. А. В.И. Вернадский - создатель учения о ноосфере [Электронный ресурс] / И. А. Козиков. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2014. — 224 с.
6. Найдыш В.М. Концепции современного естествознания. – М.: Гардарики, 2007.– 704 с.
7. Пузанова Т.А. Экология: учебник для студ. Учреждений высш. образования / Т.А. Пузанова.– М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 272 с.
8. Самин Д.К. 100 великих ученых.–М.: Вече, 2003.–592 с.
9. Свиридов, В. В. Концепции современного естествознания : учеб. пособие для вузов / В. В. Свиридов, Е. И. Свиридова ; под ред. В. В. Свиридова. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 310 с.
10. Современное состояние космологии. 2011. Машкова К.
<https://www.bestreferat.ru/referat-395896.html>
11. Солнечная система. /В. Сурдин. – М.: ФИЗМАТЛИТ. Серия: Астрономия и астрофизика, 2009. – 400 с.
12. Стась Н.Ф. Введение в химию: учебное пособие / Н.Ф. Стась. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 139 с.
13. Черепашук А.М., Чернин А.Д. Вселенная, жизнь, черные дыры. – Фрязино: Век 2, 2007. – 320 с.
14. Хаин В. Е. Планета земля. От ядра до ионосферы : учеб. пособие / В. Е. Хаин, Н. В. Короновский. - М. : Книжный дом Университет, 2007. - 244 с.

Майя Александровна Мельникова,

доцент кафедры химии и химической технологии АмГУ, канд. техн. наук

Концепции современного естествознания
(избранные темы). Учебное пособие.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 6,51. Заказ 338.