

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный
национальный исследовательский университет»

В. П. Цюпка

**ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА:
КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

Учебное пособие



Белгород

2012

-847973-

УДК 5(20)(075.8)
ББК 20я73
Ц 98

Белгород
исслед
решете

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Белгородского государственного
национального исследовательского университета

Рецензенты:

Л. В. Ильина, кандидат биологических наук, доцент
кафедры естественнонаучных дисциплин

Белгородского университета кооперации, экономики и права;

В. Е. Пеньков, кандидат педагогических наук, доцент, кафедры философии
Белгородского государственного
национального исследовательского университета

Цюпка, В. П.

Ц 98 Естественная картина мира: концепции современного естествознания:
учеб. пособие / В. П. Цюпка. – Белгород: ИПК НИУ «БелГУ», 2012. – 144 с.

ISBN 978-5-9571-0520-6

Учебное пособие соответствует дисциплинам «Естественнонаучная картина мира», а также «Концепции современного естествознания» различных направлений подготовки бакалавров по ФГОС-3.

В нем в сжатой и доступной форме охарактеризован процесс формирования концептуальных знаний, изложены основные концепции современных физики, химии и биологии, составляющих базисную (ядерную) концептуальную систему в виде современной естественнонаучной картины мира. В пособие включены вопросы для самопроверки.

Предназначено для студентов различных направлений подготовки бакалавров по ФГОС-3, изучающих дисциплину «Естественнонаучная картина мира» или «Концепции современного естествознания» по программам очного, очно-заочного (вечернего) или заочного обучения. Оно может быть интересно другим студентам учреждений ВПО и СПО, старшеклассникам и всем, кто интересуется проблемами познания, естественнонаучной картины мира (в том числе преподавателям и учителям).

УДК 5(20)(075.8)
ББК 20я73

ISBN 978-5-9571-0520-6

© В. П. Цюпка, 2012
© Белгородский государственный национальный
исследовательский университет, 2012

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее учебное пособие подготовлено в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования третьего поколения для различных бакалаврских направлений, учебный план которых предусматривает изучение дисциплины «Естественнонаучная картина мира» или дисциплины «Концепции современного естествознания» (в виде основной дисциплины или дисциплины по выбору). В нем в сжатой и доступной форме охарактеризован процесс формирования концептуальных знаний, изложены основные концепции современных физики, химии и биологии, образующих ядро современного естествознания. Представленные физические, химические и биологические концепции и составляют базисную (ядерную) концептуальную систему в виде современной естественнонаучной картины мира.

Учебное пособие предназначено для студентов очной, очно-заочной (вечерней) и заочной форм обучения. Его главная цель – помочь студентам различных бакалаврских направлений освоить новую для них дисциплину – «Естественнонаучная картина мира» или «Концепции современного естествознания», овладеть современной естественнонаучной картиной мира в виде наиболее значимых концепций современных естественных наук (физики, химии и биологии). Это учебное пособие принесет неоценимую пользу в процессе подготовки к практическим занятиям, в ходе повторения пройденного материала при подготовке к промежуточному и итоговому контролю, а также проверке остаточных знаний. Оно может быть интересно студентам высших профессиональных образовательных учреждений, не изучающих «Естественнонаучную картину мира» или «Концепции современного естествознания», а также студентам средних профессиональных образовательных учреждений, старшеклассникам и всем, кто интересуется проблемами познания естественнонаучных картин мира (в том числе преподавателям и учителям).

Формирование естественнонаучной картины мира как системы научных взглядов на материальный мир (естество, природу, объективную реальность или

объективную действительность) в сознании обучаемого любого направления бакалаврской подготовки очень важно. Ведь с этим материальным миром в обязательном порядке будет взаимодействовать человек независимо от выбранной профессии, этнической принадлежности, вероисповедания или еще какой-либо социальной особенности, ведь человек существует с ним неотрывно (благодаря биологической стороне своей дуалистической сущности). Естественнонаучная картина мира поможет не бояться материального мира, эффективнее взаимодействовать с ним, успешнее существовать в его окружении. Ведь не зря говорят, что знание – сила, а если знает, то вооружен. И если изучение физики, химии, биологии и других естественнонаучных дисциплин, способствующих формированию естественнонаучных концепций и естественнонаучной картины мира в целом, предусматривает освоение соответствующих научных теорий, представленных зачастую формализованно (с использованием математики, а также различных символов и формул), может представлять определенную трудность (особенно представителям социальных и гуманитарных направлений подготовки), то изучение естественнонаучной картины мира в виде составляющих ее концепций напрямую, минуя изучение физики, химии, биологии и других естественнонаучных дисциплин (достаточно будет иметь школьный запас естественнонаучных знаний), может оказаться не таким трудным, если излагать материал не формализованно, а обычным языком, доступно. Это нашло отражение в принципе отбора содержания и изложения материала. Отобраны только наиболее важные для формирования естественнонаучной картины мира концепции современных физики, химии и биологии – естественных наук, составляющих ядро современного естествознания. Материал излагается как можно более доступно для студентов социальной и гуманитарной направленности подготовки, в том числе без использования математического языка, формул, символов. При этом, все же, максимально сохранялась научность изложения материала, так чтобы текст не выглядел популяризованным.

В сложившейся почти 20-летней практике преподавания дисциплины «Концепции современного естествознания» в образовательных учреждениях высшего профессионального образования, ставшей основой естественнонаучного образования студентов социально-экономических и гуманитарных специальностей и направлений (эта дисциплина блока общих математических и естественнонаучных дисциплин), так и не сложилось единообразия видения этой учебной дисциплины и единого методического подхода к ее преподаванию. Сформировались, прежде всего, два известных методических подхода: во-первых, философский, а во-вторых, физико-химико-биологический, или конкретно-научный (об этом же пишут, например, Витол Э., 1999; Добровольский В. В., 2002, 2003). Философский подход отражает, главным образом, историко-философское понимание отдельных естественных наук и естествознания в целом. Но, во-первых, историю естествознания освещать излишне, т. к. само название дисциплины «Концепции современного естествознания» направляет на изучение концепций именно *современного* естествознания. А, во-вторых, освещение философских проблем, оснований, вопросов, аспектов пусть даже современного естествознания было бы уместнее, если бы дисциплина «Концепции современного естествознания» была бы дисциплиной блока общих гуманитарных и социально-экономических дисциплин и имела бы более подходящее название (например, «Философия современного естествознания», «Философские основания современного естествознания» или «Философские проблемы современного естествознания»). Физико-химико-биологический подход предполагает изложение наиболее ярких, интересных с точки зрения формирования научного мировоззрения физических, химических и биологических знаний, главным образом, в виде универсальных законов, фундаментальных теорий. При этом, как правило, не осуществляется переход от познания собственно научных теорий (физических, химических и биологических), с помощью которых, конечно же, можно описывать, объяснять и прогнозировать природу, к познанию естественнонаучной картины мира в виде концепций, показывающих, каким нам видится, каким мы должны видеть тот или иной компонент природы, каким мы должны его знать. Можно увидеть и объединение этих двух подходов, когда излагаются

физические, химические и биологические теории и законы (причем, в их историческом аспекте), а затем делаются философские выводы.

В настоящем учебном пособии используется принципиально новый методический подход к преподаванию дисциплины «Естественнонаучная картина мира» или «Концепции современного естествознания». За основу взят, все же, физико-химико-биологический подход, прежде всего, потому что дисциплина «Естественнонаучная картина мира» (или «Концепции современного естествознания») является дисциплиной математического и естественнонаучного цикла. Но при этом освещаются не физические, химические и биологические теории (и законы), а концепции современных физики, химии и биологии, актуальные для современного уровня развития не только естествознания, а также и науки в целом, и общей культуры, позволяющие студентам увидеть самое важное в самой физической, химической и биологической реальности. Такой методический подход формирования современных физико-химико-биологических концепций в наибольшей степени соответствует преподаванию «Естественнонаучной картины мира» или «Концепций современного естествознания».

Учебный материал распределен во введении, трех главах и заключении. Во введении охарактеризован процесс формирования концептуальных знаний, в том числе научных, естественнонаучных, физических, химических и биологических концепций, составляющих каркас соответствующей картины мира, в том числе научной, естественнонаучной, физической, химической или биологической картины мира. В первой главе представлены наиболее важные физические концепции, составляющие каркас современной физической картины мира. Во второй главе представлены наиболее важные химические концепции, составляющие каркас современной химической картины мира. В третьей главе представлены наиболее важные биологические концепции, составляющие каркас современной биологической картины мира. Все главы делятся на подглавы, посвященные конкретной концепции. Они заканчиваются вопросами для самоконтроля. В заключении сделано обобщение информации, представленной в трех главах.

ВВЕДЕНИЕ

В силу проявления естественной любознательности, естественного любопытства человеку свойственно познание мира (реальности или действительности). Под познанием понимают процесс целенаправленного активного отражения мира (реальности или действительности) в сознании человека, его постижения. В результате познавательной деятельности человек приобретает знания о мире, которые могут не только сохраняться в сознании человека благодаря памяти, но и могут быть зафиксированы человеком на материальных носителях в виде образов, а также с помощью знаков естественных и искусственных языков. При этом знания могут быть эмпирическими (опытными, чувственными), если они добыты в ходе эмпирического (опытного, чувственного) познания с помощью имеющихся у человека анализаторов (зрительного, звукового, обонятельного, вкусового, кожного, вестибулярного), а могут быть абстрактными, умозрительными (в том числе рациональными и иррациональными), если они получены в ходе абстрактного, умозрительного познания благодаря абстрактному мышлению, воображению, интуиции. Мир таков, каким мы его знаем.

В результате взаимодействия всех имеющихся разрозненных знаний о мире в сознании человека формируется целостное знание мира, своеобразное видение мира в форме образа мира или картины мира. Причем картина мира получается не путем простого сложения, объединения всей суммы накопленных разрозненных знаний, выраженных образно и знаково, а в результате их сложной интеграции. Картина мира – это далеко не сам мир, в картину мира сам мир не входит, картина мира самому миру не равнозначна, но порожденная в человеческом сознании картина мира показывает, что об этом мире человек знает, каким он ему видится, что он о нем думает. Поэтому картина мира может отличаться (и очень сильно) от познаваемого мира. Получается, что картина мира как обобщенное знание мира является самым существенным, основополагающим (сутью, квинтэссенцией) в системе знаний о мире, и она, в свою очередь, влияет

на познание, определяя познавательные установки, образцы, идеалы того, каким человек должен отражать и знать мир. Картина мира целиком определяет своеобразие восприятия любых отражаемых в сознании элементов мира, особенность интерпретации создаваемых с помощью восприятия образов о мире, с картиной мира согласовывается работа абстрактного мышления, воображения, интуиции. Картина мира может служить неким фильтром, трансформатором, преобразователем информации о мире. Сформированные у разных людей индивидуальные картины мира, благодаря их общению, интегрируются в коллективную картину мира. Причем от того, что объединяет общающихся людей (например, профессия, этнос или религия), будет формироваться и соответствующая коллективная картина мира (например, профессиональная, этническая, религиозная). Мало того, каждому отрезку исторического времени также соответствует своя картина мира. Картина мира – это не нечто застывшее, она изменяется в соответствии с развитием общества. Наблюдается формирование некоего множества разнообразных картин мира, дифференцированных как по горизонтали (различным социальным группам современников), так и по вертикали (по отрезкам исторического времени). Например, картина мира пастуха отличается от картины мира его современника – университетского профессора. Но эти картины мира также будут отличаться от картин мира пастуха и университетского профессора, живших, например, 100 лет назад.

Важнейшими структурными элементами картины мира, образующими ее каркас, являются концепции как системы взглядов, выражающие определенный способ видения (точку зрения), понимания, трактовки тех или иных компонентов мира. Эти концепции, лежащие в основе картины мира, являются ответами на сущностные, основополагающие вопросы о мире.

Для науки характерно научное познание мира, итогом которого является приобретение научных знаний, приобретающих на эмпирическом (опытном) уровне форму научных фактов и эмпирических обобщений, а на теоретическом

уровне – еще не доказанных фактами научных проблем, идей, гипотез и уже доказанных фактами теорий, которые в свою очередь могут объединяться в учения. Научные теории и учения представляют собой своеобразные теоретические модели той части мира, для которой они и разработаны, но с их помощью человек способен описывать, объяснять и понимать, а также прогнозировать соответствующую часть мира. Формируемая на основе обобщения научных знаний (и эмпирических, и теоретических) картина мира будет уже научной картиной мира, являющейся частью картины мира. Важнейшими структурными элементами научной картины мира, образующими ее каркас, будут научные концепции.

Неотъемлемой частью науки является естествознание, под которым понимают систему разнообразных естественных наук, познающих естество или природу (материю, материальный мир, объективную реальность или объективную действительность) во всем многообразии своих проявлений.

На современном этапе своего развития (со второй половины XX века) естествознание объединяет огромное количество самостоятельных естественных наук: по разным оценкам от 2 тыс. до 17 тыс. При этом каждая из естественных наук при одной и той же общей задаче изучения природы имеет свой строго очерченный объект исследования в виде какой-либо части природы.

Разные естественные науки формируют свою систему естественнонаучных знаний (и эмпирических, и теоретических). Формируемая на основе обобщения естественнонаучных знаний (и эмпирических, и теоретических) картина мира будет уже естественнонаучной картиной мира, являющейся частью научной картины мира. Важнейшими структурными элементами естественнонаучной картины мира, образующими ее каркас, будут естественнонаучные концепции.

Ядро естествознания составляют физика, химия и биология.

Физика изучает простейшие и, вместе с тем, наиболее общие свойства природы. Под самым простым в природе обычно принято понимать ее первичные объекты: тела, частицы, поля и т. п., а под самым общим в природе – ее

движение, взаимодействие, пространство и время и т. п. Изучая природу, физика сложное сводит к простому, а конкретное – к общему. Так устанавливаются универсальные законы, фундаментальные теории, справедливость которых подтверждается не только в земных условиях и в околоземном пространстве, но и во всей Вселенной. В этом заключается один из существенных признаков физики как фундаментальной науки. Являясь фундаментальной отраслью естествознания, физика составляет его основу, занимает особое место среди естественных наук, и ее принято считать лидером естествознания. В зависимости от дробления изучаемого объекта природы выделяют самостоятельные разделы физики: физику элементарных частиц, физику атомных ядер, физику атомов, физику молекул, физику твердого тела, физику жидкостей, физику газов, физику плазмы и т. д. Природа на фундаментальном уровне, когда тому или иному объекту природы сопоставляется какая-либо математическая модель, изучается теоретической физикой, к основным разделам которой относятся: механика, электродинамика, оптика, термодинамика, статистическая физика, теория относительности, квантовая механика, квантовая теория поля. Формируемая на основе обобщения физических знаний (и эмпирических, и теоретических) картина мира будет уже физической картиной мира, являющейся частью естественнонаучной картины мира. Важнейшими структурными элементами физической картины мира, образующими ее каркас, будут физические концепции.

Химия изучает индивидуальные (конкретные) вещества, а также их превращения, сопровождающиеся изменением их состава и (или) строения. Если физика стоит на первом месте среди естественных наук благодаря своей фундаментальности, то химия стоит на втором месте, так как она основывается на физике. В зависимости от изучаемого объекта выделяют различные частные разделы химической науки: неорганическую химию, органическую химию, химию полимеров и др. Наиболее общие проблемы химии изучает общая, или теоретическая, химия. Формируемая на основе обобщения химических знаний (и эмпи-

рических, и теоретических) картина мира будет уже химической картиной мира, являющейся частью естественнонаучной картины мира. Важнейшими структурными элементами химической картины мира, образующими ее каркас, будут химические концепции.

Биология изучает живое, живую природу во всем многообразии проявления. В зависимости от изучаемого объекта выделяют различные частные разделы биологической науки: вирусологию, бактериологию, микологию, ботанику, зоологию, биологию человека и др. Наиболее общие проблемы биологии изучает общая, или теоретическая, биология, разделяющаяся на цитологию, генетику, молекулярную биологию, биологическую экологию и др. Формируемая на основе обобщения биологических знаний (и эмпирических, и теоретических) картина мира будет уже биологической картиной мира, являющейся частью естественнонаучной картины мира. Важнейшими структурными элементами биологической картины мира, образующими ее каркас, будут биологические концепции.

В связи с развитием науки, в том числе естествознания, включая и физику, и химию, и биологию, в разные исторические эпохи формируются и разные научные, естественнонаучные, физические, химические или биологические картины мира, позволяющие по-новому взглянуть на мир, в том числе материальный мир, а также физический, химический или живой мир. Со временем та или иная научная, естественнонаучная, физическая, химическая или биологическая картина мира может изменяться, дополняться, дорабатываться, улучшаться, но в любом случае доживает до современности, донося что-то важное о том, что представляет собой мир с точки зрения науки, естествознания, физики, химии или биологии.

ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ, СОСТАВЛЯЮЩИЕ СОВРЕМЕННУЮ ФИЗИЧЕСКУЮ КАРТИНУ МИРА

В истории физики можно выделить, прежде всего, четыре возникшие последовательно в разное время концептуальные системы – физические картины мира: механическую, электромагнитную, релятивистскую и квантовую. Появление очередной физической картины мира открывало новое видение физической реальности, показывало, что физический мир более сложный, чем представлялся до тех пор, обогащало физическое познание мира новыми установками, идеалами. Но не следует думать, что очередная физическая картина мира отменяла предыдущие, отвергала их. Прежние физические картины мира, конечно же, оставались, но что-то в них устаревало, теряло свою значимость, т. к. противоречило новым физическим знаниям, но что-то важное сохранялось, не утратив своей ценности. Например, механические взгляды со временем были ограничены макромиром и мегамиром, а также скоростями, намного меньшими скорости распространения света в вакууме. Данную мысль можно выразить по-другому: в ходе развития физики происходит не полная замена одной концептуальной системы другой, а наблюдается последовательное ступенчатое усложнение концептуальной системы. Таким образом, современная физическая картина мира закономерно представляет собой иерархию (что-то наподобие слоеного пирога) из, главным образом, четырех концепций физики:

- механической концепции, не теряющей своей значимости благодаря объективному существованию вещественной формы материи (на макроуровне и мегауровне ее организации) и способности ее к механической форме движения (со скоростями, намного меньшими скорости распространения света в вакууме);
- электромагнитной концепции, не теряющей своей значимости благодаря объективному существованию специфически движущегося электромагнитного

поля (и других видов физических полей) для обеспечения бесконтактного взаимодействия вещественных объектов;

- релятивистской концепции, не теряющей своей значимости, во-первых, благодаря существованию объективной связи пространственно-временных свойств материальных объектов и их массы со скоростью механического движения вещественных объектов (но не выше скорости распространения света в вакууме) и близостью тяготеющих масс, связанных с выбором системы отсчета, а во-вторых, благодаря объективному существованию инвариантности скорости распространения света в вакууме и пространственно-временного интервала;

- квантовой концепции, не теряющей своей значимости благодаря объективному существованию микромира и физического вакуума, где дискретные (прерывные) частицы вещества могут проявлять свойства непрерывности (континуальности), а континуальные (непрерывные) физические поля и физический вакуум могут разделяться на дискретные (прерывные) частицы (порции).

1.1. Механическая концепция

– о вещественных объектах макро- и мегауровня организации вещества, их механическом движении (при скоростях, значительно меньших скорости света) и взаимодействии

Механические представления о материи и ее движении формировались благодаря научной теории механики, со временем ставшей классической, основы которой были заложены в XVII в. в первую очередь такими учеными, как итальянский физик, астроном, философ и математик Галилео Галилей и английско-британский физик, математик и астроном Исаак Ньютон. Они до сих пор в определенной степени сохраняют свою актуальность и не утратили не только научной, но и культурной ценности. Но область их применимости теперь ограничена рамками вещества макромира и мегамира, а также скоростями, значительно меньшими скорости света (намного меньшими, без малого, 300 тыс. км/с).

Вещество – это основной вид материи, единицы которой в виде разнообразных вещественных объектов обладают массой. Отсюда, масса характеризует количество вещества в отдельно взятом вещественном объекте. Отдельно взятые вещественные объекты называют телами. Тела состоят из частиц.

Тела макромира организации вещества удалены от наблюдателя или видеокамеры на небольшие расстояния, еще сопоставимые с размерами человеческого тела. Это как раз все те тела, которые можно увидеть, в том числе с помощью увеличительных приборов и средств телевидения на поверхности и в глубинах суши или воды, а также в воздухе в пределах земного пространства или же внутри или снаружи космического аппарата (на небольшом удалении от него). А тела мегамира организации вещества удалены на такие расстояния, которые уже никак не сопоставимы с размерами человеческого тела. Это все небесные (космические) тела. Для их изучения с земной поверхности или околоземной орбиты трудно обойтись без технических ухищрений в виде астрономических приборов и инструментов. Если на какое-либо небесное тело будет доставлен пилотируемый или автоматический космический аппарат, то все тела, которые можно будет увидеть наблюдателю непосредственно или дистанционно с помощью средств телевидения на поверхности этого небесного тела, внутри него или в его окрестностях следует отнести уже к макромиру.

Механическое движение тел (в том числе их частей) макро- и мегауровня организации вещества сводится к изменению их положения относительно друг друга. Любая точка тела, смещаясь относительно других точек этого же тела или других тел от одного момента времени к другому, образует линию, которую называют траекторией. Траектория должна быть непрерывной. Это значит, что между даже самыми близкими точками траектории всегда можно найти промежуточные точки, соответствующие промежуточным моментам времени. Ведь, действительно, не может же тело в какой-то точке траектории (в какой-то момент времени) исчезнуть неизвестно куда или появиться неизвестно откуда.

К простейшим видам механического движения относят поступательное и вращательное движения. При поступательном движении все точки тела смещаются одинаково, и любой отрезок прямой, соединяющей две произвольные точки этого тела, остается параллельным своему положению в любой момент времени. При поступательном движении все точки тела описывают одинаковые траектории, совпадающие при наложении. Если траектории образуют прямые линии, тогда поступательное движение будет прямолинейным, а если не прямые, какой-либо кривизны линии, тогда поступательное движение будет криволинейным (рис. 1).

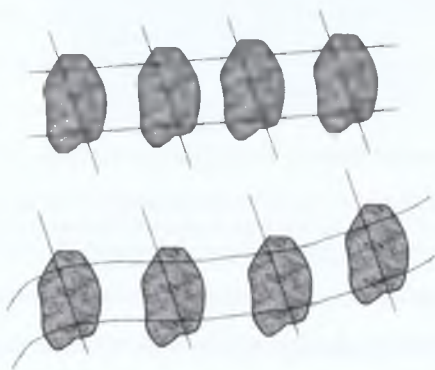


Рис. 1. Схема прямолинейного (вверху) и криволинейного (внизу) поступательного движения

В качестве примера прямолинейного поступательного движения можно привести смещение кабины лифта относительно здания, а криволинейного поступательного движения – смещение кабины колеса обозрения относительно основания этого колеса. При вращательном движении все точки тела смещаются по окружностям или дугам окружностей, центры которых лежат на прямой, называемой осью вращения. Таким образом, при вращательном движении точки тела могут описывать как одинаковые траектории, совпадающие при наложении, если они находятся на одинаковом расстоянии от оси вращения, так и разные траектории, но в любом случае имеющие вид окружностей или дуг окружностей. При этом окружности или дуги окружностей лежат в параллельных плоскостях, перпендикулярных к оси вращения (рис. 2).

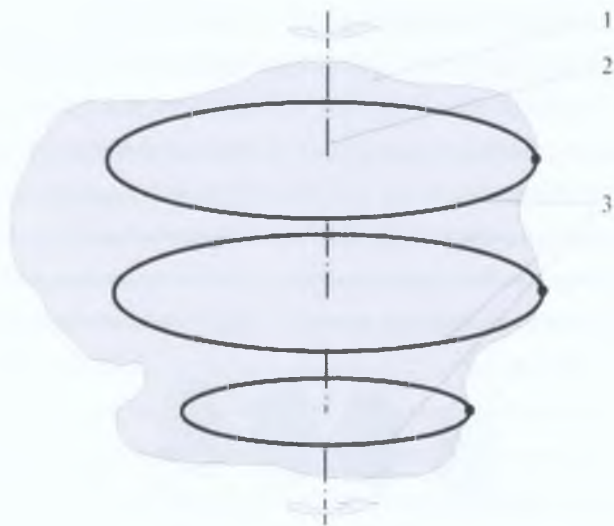


Рис. 2. Схема вращательного движения твердого тела:

1 – твердое тело; 2 – ось вращения;

3 – траектории точек в плоскостях, перпендикулярных оси вращения

Ось вращения может располагаться внутри тела или за его пределами. Примеры вращательного движения, когда ось вращения расположена внутри тела: вращение Земли вокруг собственной оси, вращение карусели. Примеры вращения, когда ось вращения находится за пределами тела: вращение камня, привязанного к веревке, вращение человека на карусели.

В теоретическом описании смещающегося тела, когда многими его свойствами можно пренебречь, используют абстракцию в виде материальной точки, которая обозначается точкой, но в отличие от просто точки материальная точка вещественна и обладает массой.

Определенность материального объекта, его индивидуальность, особенность в какой-то конкретный момент времени характеризуется как его состояние. Для удобства изучения состояние материального объекта определяют по

ограниченному количеству параметров, наилучшим образом описывающих это состояние. Чтобы количественно описать в какой-то момент времени (в какой-то точке траектории) состояние смещающейся материальной точки, достаточно знать два параметра:

- три пространственные координаты или радиус-вектор;
- импульс.

Координаты – это величины, определяющие положение материальной точки в пространстве, определяются в принятой системе отсчета (измерения). Система отсчета представляет собой совокупность тела отсчета, а также связанных с этим телом отсчета системы координат и системы отсчета времени. Тело отсчета представляет собой конкретное тело, относительно которого наблюдается изменение положения материальной точки. Система координат, связанная с телом отсчета, позволяет определить координаты. Например, простейшая прямоугольная (декартова) система координат образована тремя взаимно перпендикулярными осями координат (осью абсцисс, осью ординат и осью аппликат), пересекающимися в точке, называемой началом координат. Координаты материальной точки (абсцисса, ордината и аппликата) определяются длинами отрезков от начала координат до точек на соответствующих координатных осях, которые получаются при пересечении плоскостей, проведенных через материальную точку параллельно плоскостям, образованным каждой парой осей координат. А радиус-вектор определяется как вектор, идущий из начала координат к материальной точке. При этом проекции радиус-вектора материальной точки на оси координат совпадут с координатами этой материальной точки (рис. 3). Система отсчета времени необходима для того, чтобы привязать измеренные координаты или радиус-вектор к тому или иному моменту времени.

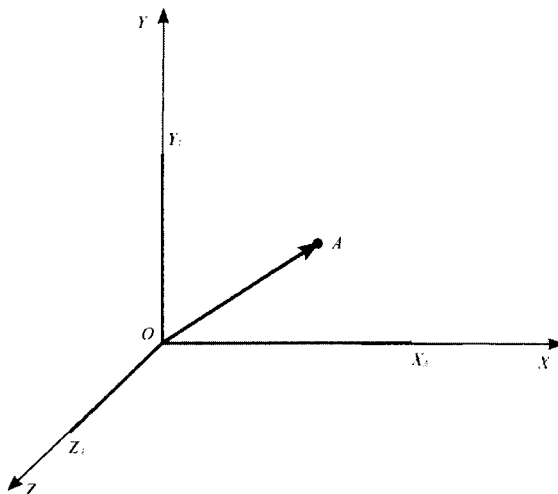


Рис. 3. Определение координат и радиус-вектора материальной точки A в прямоугольной системе координат:

O – начало координат;

OX – ось абсцисс;

OY – ось ординат;

OZ – ось аппликат;

OX_A – абсцисса материальной точки A ;

OY_A – ордината материальной точки A ;

OZ_A – аппликата материальной точки A ;

OA – радиус-вектор материальной точки A

Импульс определяется через произведение массы на мгновенную скорость и характеризует количество и направление поступательного движения. При этом мгновенная скорость характеризует минимально возможную быстроту и направление смещения материальной точки в какой-то момент времени.

Смещение материальной точки из одной точки траектории в другую сопровождается изменением ее состояния.

Пока на материальную точку не действуют какие-либо силы, а также когда все действующие на нее силы взаимно уравновешены, она сохраняет свой импульс.

Если импульс имеет нулевое значение, т. е. материальная точка находится в покое, то покой сохраняется в выбранной системе отсчета, а именно полностью сохраняется состояние этой материальной точки: и значение координат или радиус-вектора, и нулевое значение импульса. Но покой относителен в том смысле, что он может измениться при выборе другой системы отсчета. Например, сидящие в автомобиле пассажиры остаются в покое по отношению к автомобилю как системе отсчета, независимо от того, смещается автомобиль или нет. Продолжают сохраняться значения их координат и нулевые значения их импульсов. Но эти же пассажиры будут смещаться вместе со смещающимся автомобилем относительно дороги с придорожными предметами как системы отсчета. И в этом случае их сохраняющийся импульс будет не нулевым, да и их координаты или радиус-вектор будут изменяться (рис. 4).

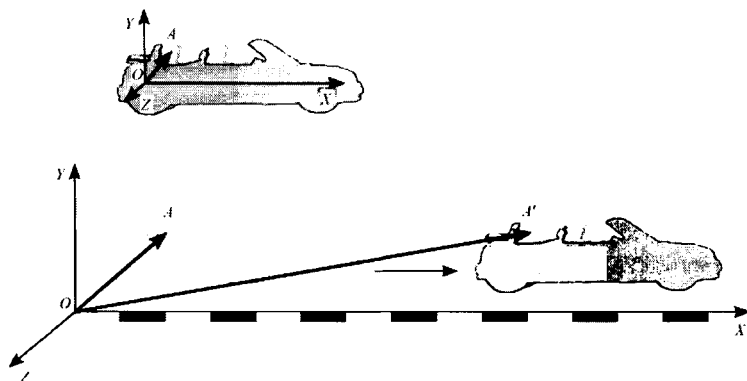


Рис. 4. Сохранение нулевого значения импульса смещающихся прямолинейно и равномерно пассажира A и автомобиля с сохранением их радиус-векторов в системе отсчета, связанной с автомобилем (вверху), а также сохранение ненулевого значения импульса смещающихся прямолинейно и равномерно пассажира A и автомобиля с изменением их радиус-векторов в системе отсчета, связанной с дорогой (внизу)

Если же импульс имеет ненулевое значение, т. е. материальная точка смещается, тогда сохраняется это ненулевое значение импульса, а значения координат или радиус-вектора будут изменяться таким образом, что материальная точка будет продолжать строго прямолинейное и равномерное движение (будут сохраняться

ся и направление смещения, и мгновенная скорость в любой момент времени). При этом мгновенная скорость, а значит и импульс, прямолинейного равномерно движения материальной точки также будут относительными, в смысле изменчивыми, различающимися в зависимости от выбранной системы отсчета. Например, мгновенная скорость прямолинейно и равномерно смещающегося тела (человека в смещающемся прямолинейно и равномерно вагоне), измеренная относительно вагона, будет одной, а измеренная относительно неподвижной железнодорожной платформы, будет другой: большей или меньшей на мгновенную скорость движения вагона, в зависимости от того, смещается человек в том же направлении, что и вагон, или же в противоположном (рис. 5).

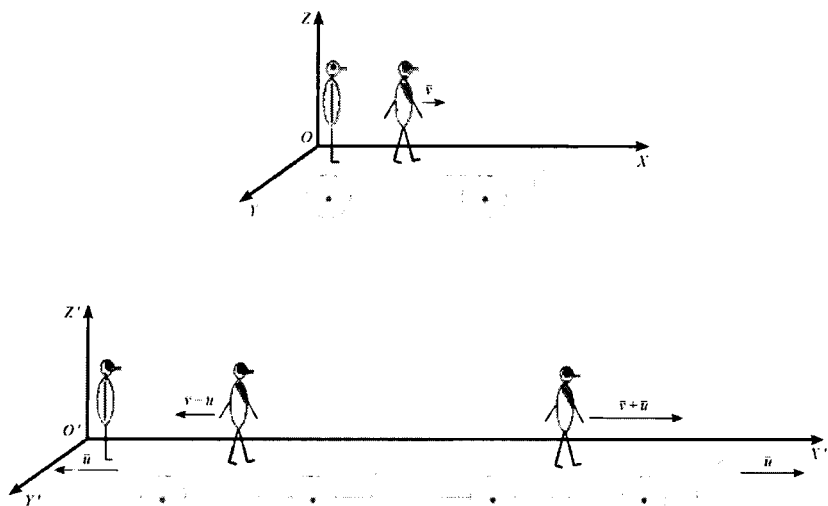


Рис. 5. Мгновенная скорость человека, идущего по вагону, измеренная относительно вагона в системе координат XYZ (вверху) и относительно земли в системе координат X'Y'Z' (внизу)

Все инерциальные системы отсчета, т. е. покоящиеся или же смещающиеся прямолинейно и равномерно, совершенно равноправны между собой (неотличимы друг от друга никакими опытами) в отношении протекания механических процессов, среди них нет выделенных или предпочтительных. Или другими словами, ме-

ханическое движение не зависит от прямолинейного и равномерного смещения или же покоя системы отсчета. Никакими механическими опытами, проведенными в инерциальной системе отсчета, невозможно установить, покоится она или же смещается прямолинейно и равномерно и с какой мгновенной скоростью. Например, находясь внутри закрытого вагона, невозможно узнать, не выглядывая наружу, стоит ли вагон на месте или же он смещается с какой-то постоянной мгновенной скоростью строго прямолинейно (конечно же, при условии, что рельсы будут без прерываний и строго прямолинейные). Выпущенный из руки камень, например, упадет вертикально вниз (без отклонения) и в стоящем, и в смещающемся прямолинейно и равномерно вагоне (рис. 6).

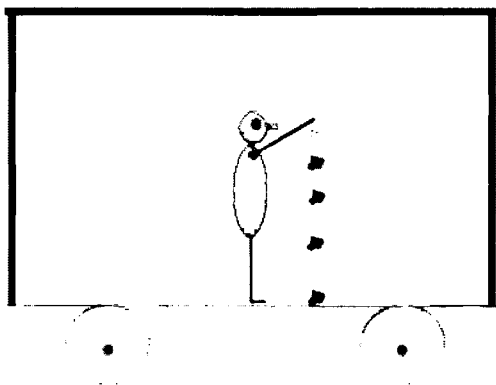


Рис. 6. По свободному падению выпущенного из руки камня (по вертикали без отклонения) не отличить, покоится ли вагон или движется прямолинейно и равномерно с той или иной скоростью

Такое свойство тела макро- или мегамира организации вещества сохранять покой или прямолинейное равномерное смещение называют его инерцией (инертностью). Инерционные свойства тела определяет его масса как инертная масса. Вот почему состояние смещающегося тела в какой-то момент времени правильнее определять не через его мгновенную скорость, а через его импульс.

Если на вращающуюся материальную точку не действуют внешние силы, то она сохраняет не только свой импульс, но и момент импульса, который определяется через произведение импульса материальной точки на ее радиус вращения (кратчайшее расстояние от материальной точки до оси вращения).

Поступательное или вращательное механическое движение вещественного объекта может сопровождаться изменением мгновенной скорости его точек, а следовательно, и импульса или момента импульса, включая смену покоя смещением или смещения покоем. Такое механическое движение будет уже не равномерным, а ускоренным, т. е. быстрота изменения мгновенной скорости материальной точки характеризуется ускорением. Причиной ускоренного механического движения, а также деформации или разрушения тела является взаимодействие вещественных объектов как процесс взаимного их воздействия друг на друга. Мерой механического воздействия на материальную точку со стороны других вещественных объектов является сила. Она характеризуется абсолютным значением, направлением и точкой приложения. При этом эффект силового воздействия на материальную точку в виде проявления ускорения имеет прямо пропорциональную зависимость с силой и обратно пропорциональную – с инертной массой. Получается, что инертная масса может ослаблять воздействие силы. Например, чтобы сдвинуть с места или остановить тело большей массы, придется приложить большую силу.

Во время близкодействующего взаимодействия в виде столкновения (соударения) двух тел появляются две силы (сила действия и сила противодействия), с которыми два вещественных объекта воздействуют одновременно друг на друга. Силы действия и противодействия всегда появляются парами, являясь силами одной природы, равны по величине и направлены в противоположные стороны (рис. 7).

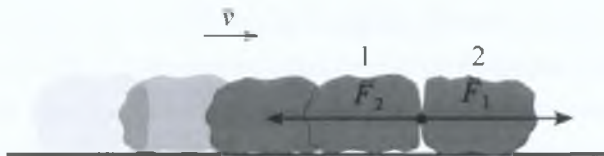


Рис. 7. Появление силы действия первого тела на второе (\vec{F}_1) и силы противодействия второго тела на первое (\vec{F}_2) в момент соударения смещающегося прямолинейно и равномерно первого тела со скоростью \vec{v} с покоящимся вторым телом

Если определенная совокупность тел взаимодействует, сталкиваясь друг с другом, как одно целое с появлением интегративных (эмерджентных) свойств, не сводимых к свойствам отдельных тел, тогда говорят о механической системе (системе тел). Любая механическая система характеризуется составом в виде совокупности своих единиц (тел), а также структурой, когда учитываются не только единицы системы, но и их взаимодействия.

В закрытой, т. е. изолированной от внешней среды, механической системе, а если в открытой, то при условии уравнивания всех внешних сил, геометрическая (с учетом направления) сумма импульсов всех элементов этой системы сохраняется, остается величиной постоянной, несмотря на взаимодействия элементов самой системы. В такой механической системе при каждом парном столкновении (соударении) будет происходить перераспределение импульсов этих двух столкнувшихся тел. Но при этом геометрическая сумма их импульсов до столкновения должна остаться такой же и после столкновения. Например, при столкновении двух прямолинейно и равномерно смещающихся на льду камней (при игнорировании сил трения) их геометрическая сумма импульсов до столкновения должна остаться такой же и после столкновения, и если известны их импульсы до столкновения и импульс одного из камней после столкновения, то можно определить и импульс второго камня после столкновения (рис. 8). Такая же закономерность проявляется, например, и в явлении отдачи при выстреле, и в реактивном движении.

$$\bar{p}_1 + \bar{p}_2 = \bar{p}'_1 + \bar{p}'_2$$

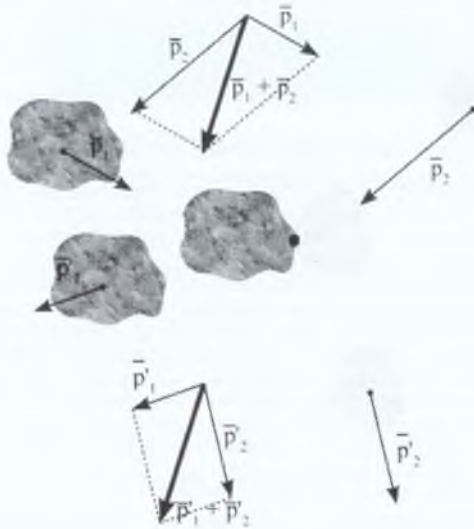
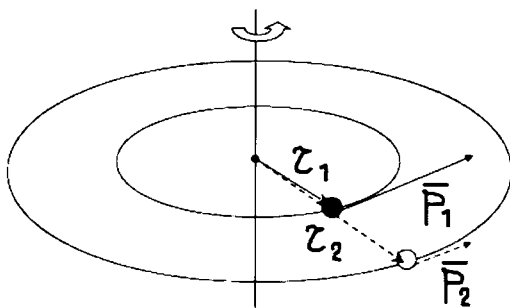


Рис. 8. Сохранение геометрической суммы импульсов двух прямолинейно и равномерно смещающихся камней после их соударения

При далекодействующем (действующем на расстоянии) взаимодействии – гравитационном взаимодействии – два тела, независимо от их свойств и свойств среды, в которой они находятся, испытывают взаимное притяжение, сила которого прямо пропорциональна произведению их масс и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Сила всемирного тяготения определяет падение вещественных объектов на Землю, движение Луны и искусственных спутников вокруг Земли, движение планет, планетоидов, метеороидов и комет вокруг Солнца, звезд в галактике и т. п. Упадет ли тело, например, на Землю, будет вращаться по окружности, эллипсовидной орбите какой-то степени вытянутости или же улетит прочь, будет зависеть от его мгновенной скорости. Чтобы космический аппарат при выключенных двигателях не упал бы на Землю и перешел бы на круговую или эллипсовидную орбиту, становясь искусственным

спутником Земли, он должен иметь мгновенную скорость не ниже первой космической скорости (7,9 км/с относительно поверхности Земли). Чтобы космический аппарат при выключенных двигателях покинул бы окрестности Земли, становясь искусственным спутником Солнца, он должен иметь мгновенную скорость не ниже второй космической скорости (11,2 км/с относительно поверхности Земли). Чтобы космический аппарат при выключенных двигателях покинул бы Солнечную систему, он должен иметь мгновенную скорость не ниже третьей космической скорости (от 16,6 до 72,8 км/с относительно Земли в зависимости от использования ее орбитальной скорости).

Изменение под действием внутренних сил радиуса вращения материальной точки вызывает изменение ее импульса, а именно мгновенной скорости, но значение момента импульса при этом сохраняется, остается величиной постоянной. Постоянство момента импульса вращающейся вокруг определенного центра материальной точки достигается тем, что увеличение радиуса вращения ведет к уменьшению ее мгновенной скорости, а уменьшение радиуса вращения – соответственно к увеличению ее мгновенной скорости (рис. 9).



$$M = p_1 \cdot r_1 = p_2 \cdot r_2 = Const$$

Рис. 9. Изменение мгновенной скорости и импульса (\vec{p}) материальной точки при изменении радиуса вращения (r) с сохранением ее момента импульса (\vec{M})
 Отсюда, перераспределение массы вращающейся механической системы

приводит к изменению ее скорости вращения. Например, начав медленное вращение на вращающемся стуле, вращающемся диске или на коньках с расставленными в стороны руками, прижатие рук к туловищу приведет к увеличению скорости вращения, а расставление рук вернет медленное вращение.

Колебательное (возвратно-поступательное) перемещение части тела, представляющего собой упругую среду, под воздействием внешней силы может привести к появлению механических волн в виде самоскоординированных колебаний различных участков среды. По отношению к направлению колебаний частиц среды волны могут быть поперечными или продольными. В поперечных волнах частицы среды колеблются перпендикулярно направлению распространения волны, а в продольных – параллельно (рис. 10). Например, поперечные механические волны можно наблюдать на поверхности воды при бросании в нее камня, попеременном опускании в воду и поднятии весла. Продольные механические волны можно создать в воздухе при колебании твердой мембраны, например, диффузора динамика, крыла насекомого.

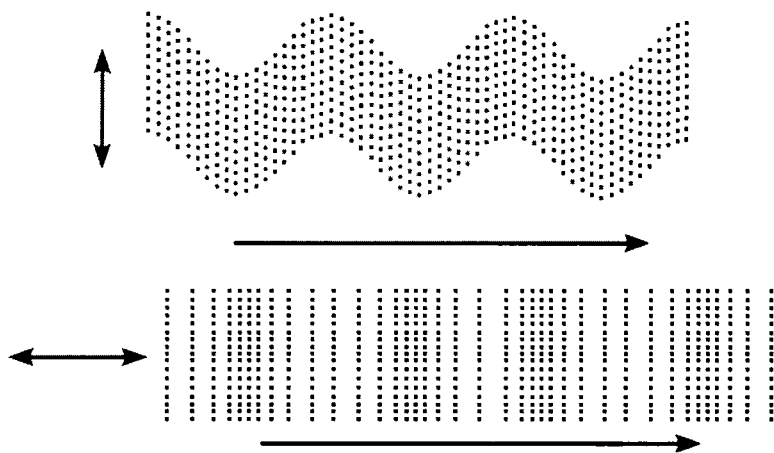


Рис. 10. Поперечная (вверху) и продольная (внизу) механические волны

Волны характеризуются временной периодичностью – частотой, опре-

деляемой как число полных циклов колебаний, совершенных за единицу времени, а также пространственной периодичностью – длиной волны, определяемой как расстояние между двумя ближайшими точками волны, колеблющимися с одинаковым состоянием в любой момент времени (с одинаковой фазой колебаний) (рис. 11).

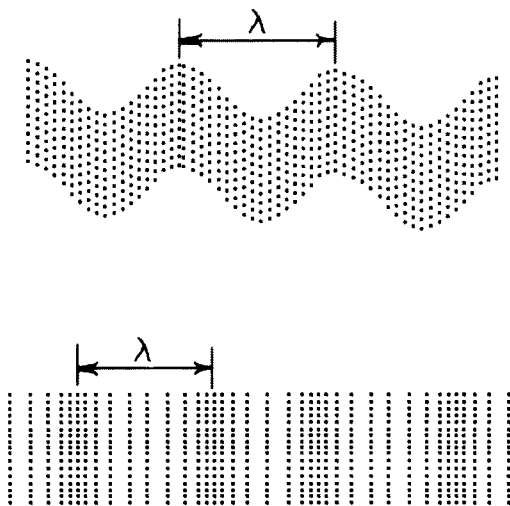


Рис. 11. Длина волны поперечной (вверху) и продольной (внизу) волны

Если источник (или приемник) механических волн перемещается, то их частота, а соответственно и их длина, изменяются следующим образом: перед приближающимся источником (или приемником) волн их частота увеличивается (соответственно длина волн уменьшается), а позади удаляющегося источника (или приемника) волн их частота уменьшается (соответственно длина волн увеличивается). Это известно как эффект Доплера. Он легко наблюдается при распространении звуков – продольных механических волн в воздухе. Когда к наблюдателю, стоящему у дороги или на железнодорожной платформе, приближается соответственно автомобиль или поезд, издающие звуковой сигнал, то наблюдатель его услышит более высоким (большей частоты), а когда автомо-

биль или поезд, проехав мимо, начнут удаляться, то наблюдатель услышит тот же звуковой сигнал более низким (меньшей частоты) по сравнению с тем, как он слышал его в тот момент времени, когда автомобиль или поезд поравнялся с ним, т. е. и не приближался, и не удалялся.

Если в воду опускать и поднимать два весла, можно вызвать механические волны на поверхности воды от двух источников, которые при взаимодействии будут интерферировать. Интерференция заключается в том, что взаимное наложение двух волн приводит к усилению или ослаблению колебаний. Необходимое условие интерференции – одинаковость природы волн. Результат интерференции (интерференционная картина) зависит от смещения накладываемых волн (разности фаз), что в свою очередь зависит от частоты волн, расстояния между источниками волн и др.

Когда механические волны проходят сквозь отверстие в непроходимом для них материале или когда на их пути попадает небольшое непреодолимое препятствие, наблюдается явление дифракции. Дифракция заключается в том, что волны могут отклоняться от прямолинейного распространения, могут огибать препятствие. Например, поперечные механические волны на поверхности воды проходят через разрыв в сплошном для них ограждении расходящимся пучком, соединяются за небольшим для них препятствием. При небольшой ширине или высоте дома можно слышать звуки расположенного позади него источника, даже если поблизости нет отражающих его предметов.

Измерение физических величин сопровождается погрешностью. Это значит, что в серии измерений получается не одно значение, а множество значений, которые укладываются в определенном диапазоне (интервале). Кроме того, не всегда представляется возможным учесть все силы, воздействующие на тело или частицу. Несмотря на это, в ряде случаев, все же, удается достаточно точно прогнозировать механическое движение вещественного объекта, например, искусственного спутника Земли или поведение механической системы, например,

системы Земля – Луна – Солнце. Определив начальные условия тела в виде его начального состояния, т. е. состояния в какой-то момент времени, принимаемый за начало отсчета (измерения), а также определив действующие на него силы, можно достаточно точно сказать, где это тело находилось в любой момент прошлого и где оно будет находиться в любой момент будущего. Таким образом, при заданном начальном состоянии можно продолжить как в будущее, так и в прошлое одну единственно возможную траекторию смещения материальной точки. Получается, что предыдущее состояние тела или системы тел как причина порождает единственно возможное следующее их состояние как следствие.

Но в других случаях точный прогноз невозможен, наблюдается случайность, которая определяется как отсутствие закономерности и, что взаимосвязано, как непредсказуемость соответствующих изменений. Например, любая попытка точно рассчитать траектории молекул газа оказывается безуспешной ввиду чрезвычайной чувствительности результатов расчета к самому ничтожному изменению начальных условий. Полезная информация о поведении такой механической системы сводится к значениям вероятностей тех или иных ее состояний и средним значениям характерных физических величин. Вероятность – это числовая мера случайности, численная мера степени объективной возможности наступления случайного события. Она характеризует возможность наступления события. Вероятность можно выразить простой дробью, где числитель показывает число всех благоприятных случаев, а знаменатель – число всех равновероятных случаев. Среднее значение величины определяют как среднее из всех возможных значений, которые может случайно принять величина в одних и тех же условиях.

Таким же хаотическим, непредсказуемым поведением могут обладать и механические системы из очень небольшого числа элементов, например, всего лишь трех.

Вот задача, рассмотренная таким ученым, как французский математик и астроном Мишель Энон. В систему двух одинаковых звезд, обращающихся вокруг общего центра, влетает метеороид. Требуется вычислить его дальнейшую

траекторию. Нетрудно записать уравнения движения метеороида, несложно их решить. Однако дать точный прогноз движению метеороида невозможно: в зависимости от начальных условий метеороид либо вечно кружится в окрестностях одной из звезд, либо время от времени перескакивает от одной звезды к другой, либо, в конце концов, навсегда покидает звездную систему. Переход от одного типа движения к другому может происходить при ничтожном изменении начальных условий. Поскольку же они всегда известны с некоторой погрешностью, это и означает непредсказуемость движения метеороида. Получается парадокс: математически задача полностью определена и решена, а дать точный долгосрочный прогноз поведения механической системы невозможно.

Явление, когда поведение простой механической системы невозможно прогнозировать из-за ее чувствительности к незначительному изменению начальных условий, называется динамическим хаосом. Динамический хаос имеет место не только в академической задаче Энона, но и во многих более насущных ситуациях. Например, установлена хаотичность динамики Солнечной системы: вследствие взаимного притяжения планет друг к другу медленно изменяются параметры их орбит, и невозможно предсказать, каковы они будут через сотни миллионов лет.

Динамический хаос следует отличать от беспорядка. Беспорядочным называют поведение, определяемое постоянно действующими факторами, которые мы не можем или не хотим учитывать. Так, броуновское движение частицы порошка в жидкости беспорядочно, поскольку полностью обусловлено невидимыми для наблюдателя и не учитываемыми им ударами молекул жидкости по частице порошка. Хаотическое же поведение возникает, когда все определяющие его факторы известны, но из-за чрезвычайной чувствительности расчетов к малым ошибкам, изменению начальных условий выявляется несколько возможных вариантов поведения механической системы в будущем. И точно прогнозировать, какой из них реализуется в будущем, невозможно. Возможен только

лишь вероятностный прогноз, когда просчитывается степень (доля) возможности наступления каждого варианта из ряда ожидаемых.

Вопросы для самоконтроля

- Как следует понимать вещество, является ли оно видом материи?
 - Как понимать тело, из чего оно состоит?
 - Какие тела относятся к макромиру организации вещества, а какие тела относятся к мегамиру организации вещества? Какова роль технических ухищрений в изучении макромира и мегамира?
 - В каких условиях тела мегамира становятся телами макромира?
 - Как следует понимать механическое движение тел или их частей?
 - Как образуется траектория, почему она должна быть непрерывной?
 - Охарактеризуйте поступательное и вращательное движение, приведите примеры.
 - Как следует понимать материальную точку?
 - Как следует понимать состояние материального объекта?
 - По каким параметрам определяют состояние смещающейся материальной точки?
- Охарактеризуйте их.
- Что собой представляет система отсчета?
 - Что будет происходить с состоянием материальной точки, если на нее не будут действовать никакие силы?
 - Как понимать относительность покоя, мгновенной скорости, импульса? Приведите примеры.
 - Какие системы отсчета называют инерциальными?
 - Почему все инерциальные системы отсчета равноправны в отношении изучения механического движения? Приведите примеры.
 - Как следует понимать инерцию (инертность)?
 - Как следует понимать ускоренное движение материальной точки, что является причиной ускоренного движения, а также деформации или разрушения тела?
 - Как следует понимать силу, чем она характеризуется?
 - Как ускорение количественно связано с силой и инертной массой?

- Как следует понимать близкодействующее взаимодействие двух тел, как при этом проявляются силы действия и противодействия?
- Как следует понимать механическую систему (систему тел), чем она характеризуется?
- Что происходит с геометрической суммой импульсов всех тел закрытой механической системы (а если открытой, то при условии уравнивания всех внешних сил)? Приведите примеры.
- Как следует понимать далекодействующее взаимодействие? Можно ли гравитационное взаимодействие назвать далекодействующим?
- Что происходит с двумя гравитационно взаимодействующими телами, какое значение имеет их масса и расстояние между ними?
- Приведите примеры проявления силы всемирного тяготения.
- От чего будет зависеть, упадет ли тело на Землю, будет вращаться по окружности, эллипсовидной орбите какой-то степени вытянутости или же улетит прочь?
- Что будет происходить со значениями мгновенной скорости, импульса и момента импульса при изменении радиуса вращающейся материальной точки? Приведите примеры.
- Как следует понимать механические волны, когда они возникают?
- Охарактеризуйте поперечные и продольные механические волны, приведите примеры.
- Как следует понимать частоту и длину волны, как они могут изменяться в случае перемещения источника механических волн (суть эффекта Доплера)? Приведите примеры.
- Охарактеризуйте интерференцию и дифракцию механических волн.
- Возможен ли точный прогноз механического движения тела или поведения механической системы, как его следует понимать? Приведите примеры.
- Как следует понимать случайность, вероятность, среднее значение величины, характеризующие хаотическое поведение механической системы?
- Всегда ли хаотическое поведение механической системы связано со слишком большим количеством составляющих ее элементов? В чем суть задачи Энона?
- Как следует понимать динамический хаос, чем он отличается от беспорядка? Приведите примеры.
- Как следует понимать вероятностный прогноз поведения механической системы?

1.2. Электромагнитная концепция

- об электромагнитном поле и его движении;*
- о полевом механизме взаимодействия вещественных объектов, обеспечивающем близкое действие*

До сих пор сохраняют свою актуальность и не утрачивают не только своей научной, но и культурной ценности и электромагнитные представления о материи и ее движении, которые формировались под влиянием научной теории электродинамики, ставшей позже классической, появившейся в XIX в. благодаря трудам, в первую очередь, таких ученых, как британские физик и химик Майкл Фарадей и физик и математик Джеймс Клерк Максвелл.

Электромагнитное поле – это первое изученное физическое поле, которое в отличие от вещества не обладает массой покоя, распространяется непрерывно во всех направлениях, полностью проникаемо. Электромагнитное поле представляется как единство электрического и магнитного полей. Движение электромагнитного поля понимается как его изменение в виде распространяющихся в пространстве возмущений (колебаний), дающих поперечные электромагнитные волны, каждая из которых включает поперечные же электрическую и магнитную волны. Электромагнитное поле распространяется с конечной скоростью, не превышающей скорости распространения света в вакууме. Параметры состояния электромагнитного поля в какой-то момент времени определяются значениями составляющих его электрического и магнитного полей в каждой точке пространства.

Поскольку в принципе можно достаточно точно определить распределение в пространстве значений электрического и магнитного полей в какой-то момент времени как начальное состояние, а также достаточно точно рассчитать распределение в пространстве значений электрического и магнитного полей в любой будущей или прошедшей момент времени, возможен точный прогноз состояния электромагнитного поля в любой момент времени как будущего, так и прошлого.

Электромагнитное поле формируется вокруг тел или частиц, обладающих электрическим зарядом (положительным или отрицательным). При этом электрический заряд (неподвижный или подвижный) формирует электрическое поле (электрическую составляющую электромагнитного поля), силовые линии которого уходят в бесконечность. А подвижные электрические заряды формируют магнитное поле (магнитную составляющую электромагнитного поля), силовые линии которого замыкаются вокруг подвижных электрических зарядов. При определенных условиях переменные электрическое и магнитное поля могут породить друг друга, создавая электромагнитные волны. Созданные разными электрически заряженными телами или частицами электромагнитные поля воздействуют друг на друга путем их наложения. Получается, что электрически заряженные вещественные объекты взаимодействуют на расстоянии с помощью материального «посредника» – электромагнитного поля.

Так как электромагнитное поле распространяется с конечной скоростью, на его распространение требуется время. По этой причине, например, на экране телевизора наблюдается ситуация, когда тележурналист в студии обращается к другому тележурналисту, используя спутниковую связь, то другой слышит первого с запаздыванием.

Таким образом, силовое взаимодействие расположенных на расстоянии вещественных объектов (дальнодействующих) все равно является близкодействием с полевым механизмом передачи взаимодействия. Согласно этому полевому механизму, взаимодействие между вещественными объектами осуществляется посредством создаваемых ими тех или иных физических полей (например, электромагнитного), распространяющихся непрерывно, без каких-либо пустот между ними с конечной скоростью, не превышающей скорости распространения света в вакууме. Изменение состояния одного из взаимодействующих тел вызывает возмущение создаваемого им поля. Это возмущение, распространяясь со скоростью не более скорости света (не более немногим 300 тыс. км/с), дости-

гает второго тела, и лишь тогда состояние последнего начинает меняться.

Вопросы для самоконтроля

- Чем физическое поле отличается от вещества?
- Единством каких полей является электромагнитное поле?
- Как следует понимать движение электромагнитного поля?
- Что представляют собой электромагнитные волны?
- Какая максимально возможная скорость распространения электромагнитного поля?
- По каким параметрам определяют состояние электромагнитного поля?
- Возможен ли точный прогноз состояния электромагнитного поля? Ответ аргументируйте.
- Что порождает электромагнитное поле, а также его электрическую и магнитную составляющие?
 - Могут ли электромагнитные поля смешиваться, воздействуя друг на друга?
 - Посредством чего взаимодействуют на расстоянии вещественные объекты?
 - Приведите примеры, доказывающие, что электромагнитное поле распространяется с конечной скоростью.
 - Почему взаимодействие на расстоянии вещественных объектов является близкодействием по своей сути?
 - Охарактеризуйте полевой механизм взаимодействия на расстоянии вещественных объектов.

1.3. Релятивистская концепция

- о пространстве и времени и пространственно-временном континууме;
 - об относительности пространственно-временных свойств материальных объектов и их массы в зависимости от скорости механического движения вещественных объектов;
- об относительности пространственно-временных свойств материальных объектов и их массы в зависимости от близости тяготеющих масс;
 - об ограничении скорости движения скоростью света в вакууме и ее инвариантности;
 - об инвариантности пространственно-временного интервала

Релятивистские представления о материи и ее движении формировались под влиянием научной теории относительности, появившейся в начале XX в. благодаря трудам, в первую очередь, такого ученого, как германско-швейцарско-американский физик-теоретик Альберт Эйнштейн. Они до сих пор сохраняют свою актуальность и не утратили ни своей научной, ни культурной ценности. Релятивистские представления, в отличие от механических, распространяются на любые возможные скорости движения вещества (до скорости распространения света в вакууме – без малого 300 000 км/с).

Пространство и время неотделимы от движущейся материи, они относятся к числу важнейших ее атрибутов (основных универсальных свойств, признаков, качеств). Без пространства и времени (пространственных и временных свойств) невозможно существование движущейся материи, так же как и без движущейся материи или вне нее, отдельно от нее, независимо от нее невозможно существование пространства и времени. Таким образом, пространство и время принято считать всеобщими универсальными формами существования и движения материи.

Пространство характеризует протяженность материи. Когда характеризуется протяженность материи или каких-либо ее отдельных материальных объектов, подразумевается их пространственное свойство.

Время характеризует движение (изменение) материи, движение любых материальных объектов в виде последовательности сменяющих друг друга состояний. Представление о времени и само понятие времени имеют смысл лишь постольку, поскольку материя находится в непрекращающемся движении.

Таким образом, любой материальный объект имеет пространственное и временное измерение.

Пространство и время тесным образом связаны не только с движущейся материей, являясь формами ее существования и движения, но и друг с другом. В этом смысле непрерывающаяся никакой пустотой материя, переходящая из одной своей формы в другую, характеризуется единым пространством-временем в виде пространственно-временного континуума, т. е. пространственно-временной непрерывности. Пространство и время, по существу, проявляются как разные стороны или составляющие некоей целостной, единой сущности в виде пространственно-временного континуума, который неотрывает от материи. Пространство и время не только неотделимо связаны с материей, но и их свойства зависят от свойств материальных объектов.

Фундаментальные свойства пространства и времени зависят от скорости механического движения вещественных объектов. При этом проявляются релятивистские эффекты в виде относительности (в смысле изменчивости, различия при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую) одновременности событий, пространственных и временных промежутков, а также еще и массы тел.

Относительность одновременности событий проявляется в том, что события, одновременные для одного наблюдателя, находящегося в одной инерциальной системе отсчета, могут быть разновременными для другого, находящегося в другой инерциальной системе отсчета. Проиллюстрируем это утверждение следующим примером.

Две лампочки, расположенные друг от друга на каком-то (достаточно большом) расстоянии, включаются одновременно (нажатием одной кнопки, расположенной на равноудаленном от лампочек расстоянии). Неподвижный на-

блюдатель, находящийся на равном расстоянии от двух лампочек, фиксирует одновременность их засвечивания. В то же время смещающийся в направлении, параллельном линии, соединяющей обе лампочки, на каком-то (достаточно большом) удалении от лампочек прямолинейно и равномерно наблюдатель, для которого лампочки включили, когда он был в точке, равноудаленной от лампочек, будет утверждать, что одна из лампочек засветилась раньше другой. И действительно, пока свет от лампочек распространялся с конечной скоростью, наблюдатель успел переместиться в точку, расстояние от которой до лампочек уже разное, и свет от одной лампочки должен пройти меньшее расстояние, чем свет от другой лампочки. Причем последовательность засвечивания лампочек для движущегося наблюдателя будет зависеть от направления его прямолинейного равномерного движения (рис. 12).

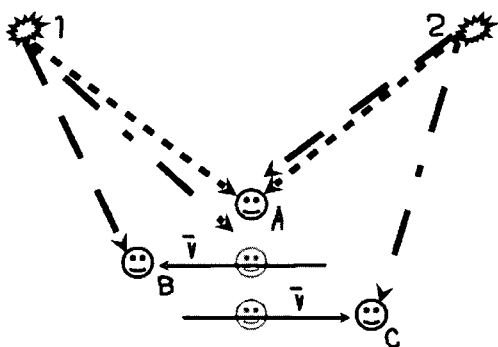


Рис. 12. Иллюстрация относительности одновременности событий:

- 1 и 2 – лампочки;
- A – неподвижный наблюдатель;
- B и C – прямолинейно и равномерно смещающиеся наблюдатели со скоростью, но в противоположных направлениях

Бессмысленно спрашивать: а как же на самом деле? И то и другое – на самом деле. Несмотря на то, что картины происходящего для разных наблюдателей различны, они отражают одну и ту же реальность, но с разных сторон, в зависимости от выбранной инерциальной системы отсчета.

Относительность одновременности приводит к относительности пространственных промежутков, т. е. к тому, что для разных наблюдателей (находящихся в разных инерциальных системах отсчета) может быть разным расстояние между одними и теми же телами, а также длина тел. Для наблюдателя, смещающегося с инерциальной системой отсчета с большей скоростью, размеры тел и расстояния между ними по направлению смещения будут меньшими по сравнению с наблюдателем, смещающимся с другой инерциальной системой отсчета, но с меньшей скоростью. Например, для наблюдателя, мчащегося в поезде прямолинейно и равномерно, длина перрона будет короче, чем для наблюдателя, стоящего неподвижно у перрона. Получается, что с увеличением скорости пространство в направлении смещения сжимается. Для привычных нам скоростей релятивистское сокращение длин и расстояний незаметно. Но этот релятивистский эффект сокращения длин и расстояний становится существенным для скоростей, близких к скорости света.

Относительность одновременности приводит к относительности временных промежутков, т. е. к тому, что для разных наблюдателей (находящихся в разных инерциальных системах отсчета) может быть разным темп хода времени (сменяющих друг друга событий в виде состояний материальных тел). Наблюдатель, перемещающийся с инерциальной системой отсчета с большей скоростью, обнаружит, что временные промежутки между сменяющимися друг друга событиями увеличились, и все процессы протекают медленнее по сравнению с другим наблюдателем, перемещающимся с другой инерциальной системой отсчета, но с меньшей скоростью. Так, например, с точки зрения дежурного по железнодорожной станции, между погасшим желтым и засветившимся зеленым сигналами светофора прошел небольшой временной интервал, а с точки зрения машиниста мчащегося поезда, временной интервал между этими сигналами светофора был более длительным. Это эффект релятивистского замедления времени, становящийся также существенным только для скоростей, близких к скорости света. И опять бессмысленно спрашивать, а как же на самом деле: каждый

результат измерения справедлив в той инерциальной системе отсчета, в которой измерение выполнялось. Если можно было бы отправить одного из братьев-близнецов в космическое путешествие на корабле, летящем со скоростью, приближающейся к скорости света, то, вернувшись на Землю, он был бы намного моложе своего брата-близнеца, оставшегося на Земле.

С увеличением скорости связаны не только релятивистские эффекты сжатия пространства и замедления времени, но и релятивистский эффект увеличения массы тел. Для наблюдателя, перемещающегося в инерциальной системе отсчета с большей скоростью, масса тел будет большей, по сравнению с наблюдателем, перемещающимся в другой инерциальной системе отсчета, но с меньшей скоростью. Если бы скорость тела стала бы скоростью света, тогда его масса должна была бы стать бесконечной. Но этого произойти не может. Поэтому вещественные объекты не могут перемещаться со скоростью света. С такой скоростью могут распространяться физические поля с нулевой массой покоя.

Зависимость массы от скорости впервые была установлена в 1901 г. таким ученым, как немецкий физик Вáльтер Кáуфман, как совершенно необычное явление зависимости массы электрона от его скорости в экспериментах по изменению заряда электрона и получению отношения этого заряда к массе.

Таким образом, переход из одной инерциальной системы отсчета в другую эквивалентен изменению «направления взгляда» в едином пространственно-временном континууме, а парадоксальные релятивистские эффекты (в т. ч. парадоксальное сокращение длины и замедление времени) не более загадочны, чем изменение вида здания при обходе вокруг него.

Одно лишь присутствие вещественного объекта в виде тяготеющей массы, порождающей гравитацию, приводит к искривлению пространства и времени, и это искривление пространственно-временного континуума проявляется тем сильнее, чем ближе к тяготеющей массе, чем больше ее значение. А искривление пространственно-временного континуума, в свою очередь, определяет характер механического движения тел.

Искривление пространства сводится к изменению его геометрических свойств, например, искривлению прямых направлений, преобразованию плоскости в выпуклость или вогнутость. В искривленном пространстве две параллельные прямые могут стать сходящимися или расходящимися кривыми, сумма внутренних углов треугольника может быть больше или меньше 180° . Искривленное пространство представить можно. Например, поверхность шара и есть искривленное двумерное пространство. Роль прямых играют дуги окружностей, центр которых совпадает с центром шара. В таком пространстве нет параллельных прямых, т. е. любые две дуги пересекаются. Сумма углов треугольника больше 180° .

Искривленное пространство вокруг тяготеющей массы изменяет характер механического движения тел. Например, искусственный спутник Земли обращается вокруг нее потому, что присутствие Земли искривило окружающее пространство настолько, что траектория свободного («по инерции») перемещения спутника из прямой стала замкнутой окружностью или замкнутым эллипсом определенной степени вытянутости в зависимости от скорости. Или Земля обращается вокруг Солнца потому, что присутствие Солнца искривило окружающее пространство настолько, что траектория свободного («по инерции») движения Земли из прямой превратилась в замкнутый эллипс. При достижении первой космической скорости (у самой поверхности Земли $7,9$ км/с) космический аппарат, оставаясь в «гравитационной яме» Земли, становится ее искусственным спутником – при выключении двигателей он не упадет на Землю, а будет вращаться вокруг нее по круговой орбите. При достижении второй космической скорости (у самой поверхности Земли $11,2$ км/с) космический аппарат сможет выбраться из «гравитационной ямы» Земли, но, оставаясь в «гравитационной яме» Солнца, становится его искусственным спутником – даже при выключении двигателей он будет вращаться вокруг Солнца по круговой орбите. И только достигнув третьей космической скорости (от $16,6$ до $72,8$ км/с относительно

Земли в зависимости от использования ее орбитальной скорости), космический аппарат сможет выбраться из «гравитационной ямы» Солнца – даже при выключении двигателей он покинет пространство Солнечной системы.

Искривление пространства вблизи тяготеющей массы имеет наблюдательное подтверждение. Например, на фотографиях участка неба, полученных во время полного солнечного затмения в 1919 г. таким ученым, как английский астрофизик Артур Стэнли Эддингтон, звезды, расположенные вблизи закрытого Луной Солнца, оказались смещенными в его сторону. И это смещение выражено тем сильнее, чем ближе звезды на фотографии оказались к Солнцу. Такое можно объяснить только тем, что луч света, идущий от далекой звезды прямолинейно, искривляется вблизи массивного Солнца вследствие искривления вокруг него пространства (рис. 13).

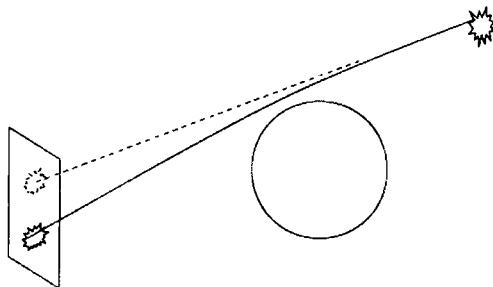


Рис. 13. Смещение изображения звезды на фотографии, сделанной во время полного солнечного затмения, в сторону Солнца вследствие искривления пространства вокруг Солнца

А чем ближе к Солнцу, тем пространство искривлено сильнее, тем сильнее искривляется луч света от звезды. Кроме того, наблюдаемый еще в XIX в. таким ученым, как французский астроном Урбэн Жан Жозеф Леверье, поворот эллипсовидной орбиты Меркурия (в т. ч. прецессия, или смещение ее перигелия – ближайшей к Солнцу точки орбиты) хорошо объясняется тем, что вблизи Солнца пространство сильно искривлено.

Искривление времени сводится к изменению его темпа, причем разному в разных точках пространства. Время может замедляться или ускоряться, соответственно удлиняя или сокращая временные интервалы между состояниями материальных объектов. Искривление времени вблизи тяготеющей массы имеет экспериментальное подтверждение. Например, в опытах таких ученых, как американские физики Роберт Вивиан Паунд и Глен Андерсон Ребка, выполненных в 1959 г., было зафиксировано уменьшение частоты гамма-лучей при приближении их всего лишь на 22,5 м к поверхности Земли. А уменьшение частоты с приближением к тяготеющей массе означает увеличение временных интервалов между гребнями волны, а это и есть замедление времени.

Вокруг очень массивного, но компактного тела при очень большой плотности вещества искривление пространства-времени становится настолько большим, что оно как бы «замыкается» локально само на себя, отделяя данное тело от остальной части материи и тем самым образуя «черную дыру», которая безвозвратно поглощает материальные объекты (вещество и поля). Из «черной дыры» даже свет не может вырваться. Падение в «черную дыру» вещества и излучения сопровождается их нагреванием до температур в сотни миллионов градусов и выбросом релятивистских струй рентгеновского и гамма излучения. Существование «черных дыр» подтверждается астрономическими наблюдениями с 70-х гг. XX века.

Масса, определяющая инерционные свойства тела, и масса, порождающая гравитационное взаимодействие, это одна и та же масса. Причем ее значение увеличивается не только с увеличением скорости механического движения тела, а и с приближением к другой тяготеющей массе.

Неинерциальные системы отсчета, т. е. смещающиеся с ускорением, могут быть при определенных условиях равноправными (неотличимыми никакими опытами) с инерциальными системами отсчета. Ускоренное движение в гравитационном поле физически полностью эквивалентно (неотлично никакими опытами) с покоем в дали от источников гравитации. Так, находясь внутри воображаемой кабины лифта или космического аппарата, невозможно узнать, не

выглядывая наружу и не ориентируясь по приборам, падают ли они в гравитационном поле Земли или же находятся в покое в дали от источников гравитации: и в том и в другом случае и наблюдатель, и все незакрепленные предметы, например, будут в состоянии невесомости. А ускоренное движение в дали от источников гравитации физически полностью эквивалентно покою в соответствующем гравитационном поле. Так, находясь внутри воображаемой кабины лифта или космического аппарата, невозможно узнать, не выглядывая наружу и не ориентируясь по приборам, движутся ли они вверх с ускорением равным ускорению свободного падения в гравитационном поле Земли, но в дали от нее, или же находятся в покое в земном гравитационном поле: и в том, и в другом случае и наблюдатель, и все незакрепленные предметы, например, будут стоять на полу, а выпущенный из руки камешек одинаково упадет вертикально вниз (без отклонения). Другие возможные физические эксперименты тоже дадут совершенно одинаковые результаты.

Со сверхсветовой скоростью движение вещества и физического поля невозможно, так как невозможно, чтобы следующее состояние материального объекта как следствие появилось раньше предыдущего его состояния как вызвавшей следствие причины. Скорость распространения света в вакууме является предельной скоростью распространения материальных воздействий (без малого 300 000 км/с). Она не может складываться ни с какой другой скоростью, не зависит от скорости движения источника или приемника света, или же наблюдателя и для всех систем отсчета сохраняется, оказывается постоянной величиной, неизменной – инвариантом.

Независимость скорости света от каких-либо выделенных систем отсчета была доказана, например, в 80-х гг. XIX в. такими учеными, как американские физики Альберт Абрахам Майкельсон и Эдвард Уильямс Мёрли, которые в серии опытов пытались выявить изменение скорости распространения света в разных направлениях (например, по ходу вращения Земли – параллельно экватору, а также перпендикулярно – в меридиональном направлении).

Другой важнейший инвариант релятивистских представлений о движущейся материи – пространственно-временной интервал между двумя событиями. В зависимости от выбранной системы отсчета расстояние между двумя точками, в которых произошли события, а также промежуток времени между ними по отдельности могут быть разными, но комбинация, в которой они входят в пространственно-временной интервал, имеет одно и то же значение во всех системах отсчета. Если два события связаны временеподобным интервалом, то найдется такая инерциальная система отсчета, в которой оба события произошли в одной и той же точке пространства. Очевидно, такие события могут быть причинно связаны, т. е. одно может быть причиной другого. Причинно связанные события во всех системах отсчета происходят в одной и той же последовательности: от причины к следствию. Если два события связаны пространственноподобным интервалом, то в этом случае найдется такая система отсчета, в которой события произошли одновременно, но в разных точках пространства, как, например, в случае с лампочками. Такие события могут происходить в произвольной последовательности, определяемой выбором той или иной системы отсчета, и, следовательно, не могут быть причинно связаны.

Вопросы для самоконтроля

- Как соотносятся пространство и время с материей и ее движением?
- Как следует понимать пространство?
- Как следует понимать время?
- Если изучать отдельно взятый материальный объект, то как его соотнести с пространством и временем?
- Как следует понимать пространственно-временной континуум? Можно ли пространство и время рассматривать отдельно друг от друга?
- Может ли изменяться пространственно-временной континуум с изменением скорости?
- Охарактеризуйте релятивистский эффект в виде относительности одновременности событий, проявляющийся при переходе из одной инерциальной системы в другую. Проиллюстрируйте на каком-нибудь примере.

- Охарактеризуйте релятивистский эффект в виде относительности пространственных промежутков, проявляющийся при переходе из одной инерциальной системы в другую. Проиллюстрируйте на каком-нибудь примере.

- Охарактеризуйте релятивистский эффект в виде относительности временных промежутков, проявляющийся при переходе из одной инерциальной системы в другую. Проиллюстрируйте на каком-нибудь примере.

- Охарактеризуйте релятивистский эффект в виде относительности массы, проявляющийся при переходе из одной инерциальной системы в другую. Проиллюстрируйте на каком-нибудь примере.

- Почему вещественные объекты не могут перемещаться со скоростью света?

- Имеются ли экспериментальные подтверждения зависимости массы от скорости?

- Если наблюдатель отражает одну и ту же физическую реальность по-разному, находясь в разных инерциальных системах отсчета, то можно ли утверждать, что человеку не дано познать материальный мир таким, каким он является на самом деле?

- Может ли изменяться пространственно-временной континуум с приближением к тяготеющей массе?

- Как следует понимать искривление пространства? Приведите примеры.

- Как искривленное пространство влияет на механическое движение? Приведите примеры. Имеются ли наблюдательные подтверждения?

- Как следует понимать искривление времени? Имеются ли экспериментальные подтверждения?

- Как образуется «черная дыра»? Как она взаимодействует с веществом и полем? Имеются ли наблюдательные подтверждения?

- Как соотносятся масса, определяющая инерционные свойства тела, и масса, порождающая гравитационное взаимодействие? Изменяется ли значение массы с приближением к другой тяготеющей массе?

- Могут ли неинерциальные системы отсчета быть равноправными с инерциальными системами отсчета? Может ли ускоренное движение в гравитационном поле быть физически полностью эквивалентным с покоем вдали от источников гравитации? Приведите примеры.

- Как следует понимать инвариантность скорости распространения света в вакууме? Имеются ли экспериментальные подтверждения?

- Как следует понимать инвариантность пространственно-временного интервала между двумя событиями? Охарактеризуйте временеподобный интервал и пространственноподобный интервалы.

1.4. Квантовая концепция

- о частицах микромира и их корпускулярно-волновом дуализме;*
- о соотношении неопределенностей координаты и импульса частицы микромира и бессмысленности траектории в микромире;*
- о дополнительности свойств частиц микромира;*
- о квантово-полево́м механизме гравитационного, электромагнитного, слабого и сильного взаимодействий;*
- о физическом вакууме*

Квантовые представления о материи и ее движении начали формироваться под влиянием в первую очередь научных теорий квантовой механики и квантовой электродинамики, появляющихся с начала XX в. благодаря трудам, прежде всего, таких ученых, как германский физик Макс Карл Эрнст Людвиг Планк, французский физик-теоретик Луи Виктор Пьер Раймон де Бройль, австрийский физик-теоретик Эрвин Рудольф Йозеф Александр Шрёдингер, германский физик-теоретик Вернер Карл Гейзенберг, датский физик-теоретик Нильс Хенрик Давид Бор. Они весьма актуальны, имеют не только научную, но и культурную ценность. Квантовые представления, в отличие от механических и релятивистских, уже не ограничены рамками макро- и мегауровня организации вещества, они распространяются и в микромир.

Микромир представлен такими маленькими частицами, расположенными на таких небольших расстояниях, что никак не сопоставимо с размерами человеческого тела. Это любые элементарные частицы, а также образованные из них атомные ядра и атомы, а из атомов – молекулы. Для их изучения трудно обойтись без технических ухищрений.

Частицы микромира обладают корпускулярно-волновым дуализмом. Это означает, что они обладают не только свойствами частицы (корпускулы), но и

свойствами волны. Например, открытые в 1897 г. отрицательно заряженные электроны английский физик Джозеф Джон Томсон отнес к частицам вещества (корпускулам), т. к. они обладали массой (позже обнаружилась у электронов и масса покоя). А в 1927 г. американские физики Клинтон Джозеф Дэвиссон и Лестер Хэлберт Джермер наблюдали дифракцию электронов. Пучок быстрых электронов, проходя сквозь кристалл никеля, вел себя подобно пучку волн, проходящему мимо малых отверстий или узких щелей. Другими словами, распределение электронов, проходивших через материал и летевших лишь по некоторым избранным направлениям, было таким же, как если бы проходили электромагнитные волны с длиной волны, равной длине волны электрона. И это несмотря на то, что электрон считался частицей. Получается, что электрон имеет двойственную природу частицы и волны.

С другой стороны, физические поля, распространяющиеся в виде волн, могут разделяться на порции, названные квантами, т. е. они могут квантоваться. И эти кванты полей также обладают корпускулярно-волновым дуализмом. Например, свет, распространяясь в виде поперечных электромагнитных волн, дает в экспериментах такие волновые эффекты, как интерференция и дифракция. Впервые интерференцию света наблюдал в 1800 г. английский физик, врач, астроном и востоковед Томас Юнг. В его опыте солнечный свет падал на светонепроницаемый листовой материал с узкой щелью. Прошедшие через эту щель расходящимся пучком световые волны падали на другой светонепроницаемый листовой материал с двумя узкими щелями, находящимися недалеко друг от друга. На экране вместо двух ярких полос получалась интерференционная картина в виде серии чередующихся темных и светлых полос как следствие ослабления или усиления колебаний взаимодействующих световых волн, распространяющихся от двух щелей расходящимися пучками с наложением их друг на друга. Впервые дифракцию света наблюдал в 1818 г. французский физик, астроном и политический деятель Доминик Франсуа Жан Араго. При определенных условиях вместо

четкой тени от непрозрачного диска на пути света наблюдается дифракционная картина, в центре которой получается светлое пятно, а не тень. Таким образом, свет благодаря своей волновой природе может обходить или огибать непрозрачные препятствия. Вместе с тем, обнаруженное экспериментально в 1887 г. таким ученым, как немецкий физик Гёнрих Рудольф Герц, явление внешнего фотоэффекта (фотоэлектрического эффекта), заключающееся в том, что при освещении металлической (например, цинковой) пластины с ее поверхности под действием света выбиваются отрицательно заряженные частицы, как позже выяснилось – электроны, а также доказанное экспериментально в 1899 г. таким ученым, как российский физик Пётр Николаевич Лебедев, существование светового давления, оказываемого на твердые тела, можно объяснить только тем, что свет имеет корпускулярную (квантовую) природу. Именно имеющие массу (но не массу покоя) частицы света, названные фотонами, являющиеся конечными порциями (квантами) электромагнитного поля, могут выбить из металла электроны, могут оказать на твердые тела давление. Получается, что свет тоже имеет двойственную природу: он представляет собой единство противоположных свойств – корпускулярных (квантовых) и волновых (электромагнитных). Фотон света имеет двойственную природу частицы и волны.

Но не только фотоны или электроны, а любые частицы материи на микроуровне ее организации имеют двойственную природу, обладая корпускулярно-волновым дуализмом. Любую частицу микромира, даже обладающую массой покоя, можно описать, с одной стороны, корпускулярными характеристиками, например, импульсом, а с другой – волновыми характеристиками, т.е. частотой или длиной волны.

Таким образом, у частиц микромира имеются такие свойства, которые совершенно не имеют аналогий для тел привычного нам макро- или не очень привычного мегамира. Благодаря корпускулярно-волновому дуализму частицы микромира имеют потенциальные возможности проявить себя либо в виде час-

тицы, либо в виде волны и, действительно, проявляют себя в зависимости от внешних условий частицей или волной. Квантовые представления о корпускулярно-волновом дуализме можно распространить и на тела макро- и мегауровня организации вещества, но из-за огромной массы их волновые свойства не проявляются, не играют никакой роли.

Движение частицы микромира из-за ее корпускулярно-волнового дуализма совершенно не такое, как у тела макро- или мегамира. Если для описания состояния частицы микромира в виде материальной точки применять такие же параметры, как и для описания состояния материальной точки в макро- или мегамире, а именно координаты и импульс, то неизбежно столкнемся с трудностью вот какого рода: невозможно одновременно точно знать и координаты частицы, т. е. ее место в пространстве, и ее импульс, т. е. количество ее поступательного движения. Определяя точно координаты частицы, зафиксировав ее в какой-то момент времени в определенной точке пространства, мы не можем с такой же точностью определить и импульс этой частицы, поскольку импульс частицы может выражаться через длину волны, а длина волны не может определяться в точке. Если точно определяются координаты частицы микромира, то ее импульс становится неопределенным. А определяя точно длину волны в какой-то момент времени для вычисления импульса, мы не сможем с такой же точностью определить координаты, поскольку волна не может находиться в точке пространства. Если точно определяется импульс частицы микромира, то ее координаты становятся неопределенными. Получается непреодолимое соотношение неопределенностей координат и импульса. Частица микромира принципиально не может иметь одновременно точные значения и координат, и импульса: в любой момент времени принципиально невозможно одинаково точно и зафиксировать ее место в пространстве, и оценить количество ее поступательного движения. Кроме того, если не всегда имеется возможность точно определить положение частицы микромира в

пространстве, то и невозможно точно определить траекторию ее поступательного движения, которая становится «размытой», неопределенной. В отличие от тел макро- или мегамира, которые поступательно движутся по траекториям, для частиц микромира понятие «траектория» теряет свой смысл. Нельзя говорить о поступательном движении частицы микромира по траектории (рис. 14). Например, электрон перескакивает из одной атомной орбитали на другую без траектории, мгновенно. Его состояние изменяется скачком.



Рис. 14. Перескакивание электрона в атоме водорода с 1s орбитали на 2s орбиталь при его возбуждении фотоном с последующим возвращением на 1s орбиталь с испусканием фотона

Невозможность одновременно точно определить координаты и импульс частицы микромира никак не связана с несовершенством методов измерения или измерительных приборов – это следствие специфики частиц микромира, их корпускулярно-волнового дуализма.

В связи с тем, что корпускулярные и волновые свойства частиц микромира, например, координаты и импульс, невозможно точно определить в одних и тех же условиях из-за соотношения неопределенностей, они являются взаимно дополнительными (дополняющими друг друга). Получение экспериментальной информации об одних свойствах (корпускулярных или волновых), характеризующих частицу микромира (элементарную частицу, атомное ядро, атом, молекулу), неизбежно связано с потерей информации о других, дополнительных к ним свойствах (соответственно волновых или корпускулярных). Можно сказать, что материальный мир на микроуровне его организации будет таким, смотря в каких условиях мы его будем изучать, какие технические устройства будем для

этого применять. У частицы микромира в конкретных условиях с помощью одних приборов могут быть выявлены только лишь одни свойства из взаимно дополнительных, а именно – или корпускулярные, например, координаты, или волновые, например, частота. Роль прибора в измерениях заключается в «приготовлении» некоторого состояния частиц микромира, когда становится возможным точно измерить одну из дополнительных величин. При этом другая величина из пары дополнительных в результате взаимодействия частиц микромира с прибором претерпевает полностью неконтролируемое изменение, и ее значение становится неопределенным. И для полного описания частицы микромира, обладающей корпускулярно-волновым дуализмом, требуются разные подходы, разные технические устройства. Полученные в условиях одного эксперимента точные значения корпускулярных свойств, например, координат, должны быть обязательно дополнены точными значениями дополнительных им волновых свойств, например, частоты, но в условиях совершенно другого эксперимента. И наоборот. Полученные в условиях одного эксперимента точные значения волновых свойств, например, частоты, должны быть обязательно дополнены точными значениями дополнительных им корпускулярных свойств, например, координат, но в условиях совершенно другого эксперимента.

Вот и получается, что невозможно отделить микромир от обзоревающего его наблюдателя. Познающий субъект всегда оказывается активным, исследование микромира всегда сопровождается его изменением, а результат исследования зависит от того, как оно выполнялось. Полное представление о свойствах какой-либо частицы микромира требует взгляда на нее с несовместимых точек зрения, подобно тому как стереоскопический эффект требует минимум двух изображений одной и той же сцены. Таким образом, корпускулярно-волновой дуализм означает не только двойственную природу (корпускулярную и волновую, или дискретную и непрерывную) частиц микромира, но и единство корпускулярного и непрерывного подходов к описанию материального мира.

Физические поля, обеспечивающие взаимодействие на расстоянии вещественных объектов, распространяются непрерывно в виде виртуальных (возможных) частиц, а излучаются и поглощаются веществом дискретно, квантовано, т. е. отдельными порциями – квантами, являющимися реальными частицами. Свойства того или иного фундаментального взаимодействия при этом определяются свойствами частиц – переносчиков взаимодействия, т. е. квантами соответствующего поля. Таким образом, взаимодействие вещественных объектов имеет обменную природу, т. к. реализуется в результате обмена фундаментальными частицами – переносчиками взаимодействия.

Переносчиками самого слабого гравитационного взаимодействия, порождаемого массой и проявляющегося на каких угодно больших расстояниях, являются кванты гравитационного поля в виде гипотетических частиц гравитонов.

Переносчиками третьего по силе электромагнитного взаимодействия, порождаемого электрическими и проявляющегося на каких угодно больших расстояниях, являются кванты электромагнитного поля в виде фотонов.

Переносчиками второго по силе слабого взаимодействия, порождаемого имеющими массу покоя элементарными частицами и проявляющегося на расстояниях намного меньших размеров атомных ядер, являются кванты полей слабого взаимодействия в виде W- и Z-бозонов.

Переносчиками самого сильного по своей силе взаимодействия, порождаемого адронами (кварками, двухкварковыми мезонами, а также трехкварковыми протонами и нейтронами) и проявляющегося на расстояниях, соизмеримых с размерами атомных ядер, являются кванты глюонных полей в виде глюонов.

Материя проявляется не только в формах вещества и физического поля, но еще и в форме физического вакуума. Физический вакуум – распространенное повсюду особое поле (ничем не порождаемое и вездесущее), очень слабо движущееся и без реальных частиц. В результате случайных колебаний, флуктуаций (отклонений) от среднего нулевого значения (нулевых колебаний) поля могут появляться

время от времени виртуальные (возможные) частицы, т.е. частицы в промежуточных состояниях, существующие незначительное время (до 10^{-24} – 10^{-21} с). Порождаемые вакуумом виртуальные частицы тут же поглощаются им. Непосредственно физический вакуум в экспериментах не наблюдается, т. к. невозможно обнаружить виртуальные частицы за время их такого короткого существования. Но физический вакуум наподобие бурлящей пены появляющихся и тут же исчезающих виртуальных частиц как бы сопровождает, «обволакивает» любые реальные частицы, взаимодействуя с ними, что имеет косвенное экспериментальное подтверждение. Например, в 1947 г. американские физики Уиллис Юджин Лэмб и Роберт Кёртис Ризерфорд в эксперименте обнаружили лэмбовский сдвиг (сдвиг электрона в атоме водорода ближе к ядру) от расчетного значения, обусловленный взаимодействием электрона с виртуальными частицами физического вакуума. А в 1958 г. нидерландский физик Маркус Спáарней обнаружил силу, притягивающую два очень близко расположенных плоских металлических зеркала, которая зависела от расстояния не так, как если бы она была результатом гравитационного или электромагнитного взаимодействия молекул этих двух зеркал. На фотоны электромагнитного поля, переносящие взаимодействие между молекулами двух зеркал, оказывали усиливающее влияние взаимодействующие с ними виртуальные частицы физического вакуума.

Виртуальные частицы – это своеобразные потенции различных фундаментальных частиц, т.е. появляющиеся фундаментальные частицы, но не появившиеся. Но при значительных флуктуациях физического вакуума, перешедшего в возбужденное состояние, виртуальные частицы могут завершить свое появление, вырываясь из физического вакуума в виде реальных фундаментальных частиц разных типов. Причем, фундаментальные частицы, обладающие электрическим зарядом, появляются, как правило, парами в виде частицы и соответствующей ей античастицы, различающиеся только лишь знаком электрического заряда, как например электрон-позитронная пара. Частица с античастицей спо-

способны к аннигиляции с превращением их обратно в поле (рис. 15). Рождение электрон-позитронных пар, а также аннигиляцию электрона и позитрона впервые наблюдали в 1932 г. британский физик-экспериментатор Патрик Мейнард Стюарт Блэккетт и итальянский физик Джузеппе Паоло Станислао Оккиалони.

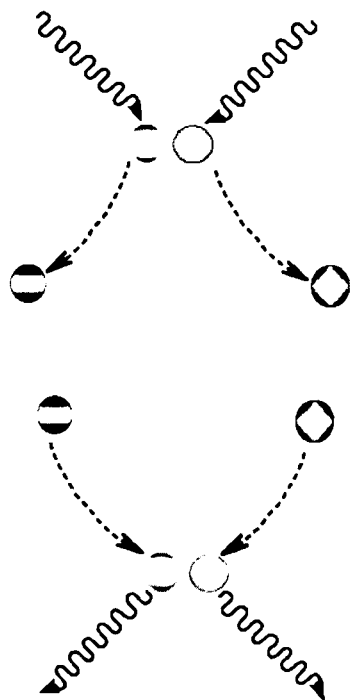


Рис. 15. Рождение электрон-позитронной пары из двух квантов поля (вверху) и аннигиляция электрона и позитрона с их превращением в два кванта поля (внизу)

Исходя из того, что физический вакуум – динамическая система, обладающая непрекращающимися флуктуациями (случайными отклонениями), изменяющими его состояние, полагают, что он может быть источником разнообразных физических полей и вещества.

Общепризнанным становится положение о том, что в ультрамикроскопических масштабах (10^{-35} м, 10^{-43} с) квантовые флуктуации физического вакуума

делают непригодными обычные понятия «до-после», «ближе-дальше», «точка пространства», «момент времени»; образное представление о пространственно-временной ткани (ткани пространственно-временного континуума) в этих масштабах дает распространенное выражение «квантовая пена».

Вопросы для самоконтроля

- Как следует понимать микромир организации вещества? Можно ли его изучать без технических устройств?
- Как следует понимать корпускулярно-волновой дуализм?
- Могут ли частицы вещества обладать волновыми свойствами? Имеются ли экспериментальные подтверждения?
- Могут ли физические поля квантоваться? Могут ли кванты полей обладать свойствами частицы? Имеются ли экспериментальные подтверждения?
- Корпускулярные и волновые свойства частиц микромира проявляются одновременно в одних и тех же условиях или же в разных условиях?
- Как следует понимать соотношение неопределенностей координат и импульса? Можно ли одновременно точно в одних и тех же условиях эксперимента определить и координаты, и импульс частицы микромира, а также точно определить ее траекторию? Ответ обоснуйте.
- Связано ли соотношение неопределенностей координат и импульса с несовершенством измерительных приборов или методов измерения?
- Как проявляется дополнительность корпускулярных и волновых свойств в микромире? Что происходит при использовании прибора для измерения тех и других свойств?
- Почему невозможно отделить микромир от обзирающего его наблюдателя? Почему полное представление о свойствах какой-либо частицы микромира требует взгляда на нее с несовместимых точек зрения?
- Как следует понимать единство корпускулярного и континуального подходов к описанию материального мира?
- Как распространяются, а также излучаются и поглощаются вещественными объектами физические поля, обеспечивающие их взаимодействие?
- Какая связь между каким-либо фундаментальным взаимодействием и квантами соответствующего поля?

- Назовите фундаментальные взаимодействия, чем они порождаются, сравните их по силе, расстоянию, на которых они проявляются. Назовите частицы, являющиеся переносчиками фундаментальных взаимодействий.

- Как следует понимать физический вакуум? Охарактеризуйте его движение. Имеются ли экспериментальные подтверждения существования физического вакуума?

- Охарактеризуйте порождаемые физическим вакуумом виртуальные частицы. Могут ли виртуальные частицы стать реальными? Имеются ли экспериментальные подтверждения?

- Как следует понимать флуктуации физического вакуума?

- Может ли физический вакуум быть источником вещества и полей?

- Как соотносятся квантовые флуктуации физического вакуума с пространственно-временными представлениями?

1.5. Концепция многоуровневой иерархии физических систем

Совокупности взаимодействующих между собой материальных объектов одного класса образуют физические системы одного и того же уровня. Но эти физические системы, взаимодействуя между собой как единицы, образуют более сложные и масштабные физические системы, образующие выше расположенный уровень. Так формируется иерархический ряд физических систем. Выделяют следующие уровни иерархического ряда физических систем:

- субмикрорелементарный – уровень флуктуирующего физического вакуума в виде «квантовой пены» появляющихся и взаимодействующих, но быстро растворяющихся в вакууме виртуальных частиц, которые при определенных условиях (возбужденного вакуума) могут стать реальными фундаментальными частицами вещества и физических полей;

- микроэлементарный – уровень взаимодействия фундаментальных частиц, в результате чего появляются другие частицы, в т. ч. составные (условно) элементарные частицы, как, например, кварки могут объединиться по два в мезоны, по три – в нуклоны (протоны и нейтроны);

- ядерный – уровень взаимодействия нуклонов с образованием и изменением ядер;
- атомарный – уровень взаимодействия ядер с электронными оболочками с образованием и изменением атомов;
- молекулярный – уровень взаимодействия атомов с образованием и изменением молекул;
- уровень взаимодействия молекул с образованием и изменением тела;
- уровень взаимодействия тел, сопровождающегося их изменением.

Вопросы для самоконтроля

- Каким образом формируется иерархический ряд физических систем?
- Назовите и охарактеризуйте уровни иерархического ряда физических систем.

ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОЙ ХИМИИ, СОСТАВЛЯЮЩИЕ СОВРЕМЕННУЮ ХИМИЧЕСКУЮ КАРТИНУ МИРА

В истории химии можно выделить, прежде всего, четыре возникшие последовательно в разное время концептуальные системы – химические картины мира: химического состава индивидуальных веществ, химической структуры индивидуальных веществ, химической реакции и химической эволюции. Появление очередной химической картины мира открывало новое видение химической реальности, показывало, что химический мир более сложный, чем представлялся до тех пор, обогащало химическое познание мира новыми установками, идеалами. Но не следует думать, что очередная химическая картина мира отменяла предыдущие, отвергала их. Прежние химические картины мира, конечно же, оставались, но что-то в них устаревало, теряло свою значимость, т. к. противоречило новым химическим знаниям, но что-то важное сохранялось, не утратив своей ценности. Данную мысль можно выразить по-другому: в ходе развития химии происходит не полная замена одной концептуальной системы другой, а наблюдается последовательное ступенчатое усложнение концептуальной системы. Таким образом, современная химическая картина мира закономерно представляет собой иерархию (что-то наподобие слоеного пирога) из, главным образом, четырех концепций химии:

- концепции химического состава индивидуальных веществ, не теряющей своей значимости благодаря объективному существованию атомов химических элементов, а также их различных соединений в молекулы, макромолекулы или супрамолекулярные ансамбли;

- концепции химической структуры индивидуальных веществ, не теряющей своей значимости благодаря объективному существованию структуры у молекул, макромолекул, супрамолекулярных ансамблей, а также у индивидуальных веществ в целом;

- концепции химической реакции, не теряющей своей значимости благодаря объективному существованию химической формы движения материи;
- концепции химической эволюции, не теряющей своей значимости благодаря объективному существованию эволюции химических систем.

2.1. Концепция химического состава индивидуальных веществ

- *о химическом составе индивидуальных веществ;*
- *о химических элементах, периодической зависимости их химических свойств и естественной периодической системе химических элементов;*
- *о валентности, природе химической связи и химическом соединении;*
- *о качественном и количественном составе простых и сложных индивидуальных веществ;*
- *о полимерах, макромолекулах и мономерях;*
- *о супрамолекулярных ансамблях*

Представления о химическом составе индивидуальных веществ, определяющем их разнообразие и свойства, формировались благодаря теоретическим воззрениям в первую очередь таких ученых, как английский физик, химик, философ и богослов Роберт Бойль (вторая половина XVII в.), российский ученый-натуралист, поэт, художник, историк Михайл Васи́льевич Ломоно́сов (середина XVIII в.), французский химик Анту́ан Лора́н Лавуазье́ (вторая половина XVIII в.), французские химики Клод Лу́и Бертолле́ и Жозе́ф Лу́и Пруст (конец XVIII в. – начало XIX в.), британский физик, химик и метеоролог Джон Да́лтон, российский химик и физик Дми́трий Ива́нович Менделеев (вторая половина XIX в.), германский химик Ге́рман Шта́удингер (первая половина XX в.), французский химик Жан Мари́ Лен (вторая половина XX в.). Они до сих пор в определенной степени сохраняют свою актуальность и не утратили не только своей научной, но и культурной ценности.

Свойства любого чистого индивидуального вещества (очищенного от других индивидуальных веществ) определяются, прежде всего, его химическим составом (если атомы соединены в молекулы, то и составом его молекул), т. е. тем, какие химические элементы и в каком соотношении входят в его состав (если есть молекулы, то в состав молекул).

Наименьшими частицами любого химического элемента, определяющими его природу, его свойства, являются атомы. Совокупность атомов с одинаковым зарядом ядра и является тем или иным химическим элементом. Следовательно, химические элементы различаются в первую очередь зарядом ядра их атомов. Всего известно 118 химических элементов, соответственно с зарядом ядра от 1 до 118; 94 из них обнаружены в природе, остальные получены искусственно. Заряд атомного ядра положительный и определяется количеством положительного заряженных протонов. При этом количество нейтронов в ядре может быть различным. Следовательно, химический элемент представляет собой совокупность разных изотопов, различающихся количеством нейтронов в ядре, а следовательно, массой ядра и атома. Например, химический элемент водород, имеющий в ядре один протон, встречается в природе в виде трех изотопов (рис. 16): протия без нейтронов (больше 99,9 %), дейтерия с одним нейтроном и трития с двумя нейтронами (содержание дейтерия и трития незначительное).



Рис. 16. Строение атомов изотопов водорода: протия (P), дейтерия (D) и трития (T)

В подавляющем большинстве случаев изотопы одного и того же химического элемента обладают одинаковыми химическими свойствами (исключение составляют изотопы лишь некоторых химических элементов, например, изото-

пы водорода). Заряд атомного ядра определяет специфику атома химического элемента, в т. ч. количество отрицательно заряженных электронов в атоме, структуру электронных оболочек и слоев, заполненность их электронами.

Каждому химическому элементу присвоен атомный, или порядковый, номер (от 1 до 118), соответствующий заряду ядра его атомов. У первых 112 химических элементов имеется постоянное название. Атом каждого химического элемента с порядковым номером на единицу больше отличается от атома предыдущего химического элемента прибавлением одного протона в ядре и подобным образом прибавлением одного электрона в электронных оболочках. Между химическими элементами существует закономерная связь: их химические свойства периодически (через какое-то количество химических элементов) повторяются в возрастающем ряду их порядковых номеров. Например, неоднократно повторяются в ряду химических элементов щелочные металлы, щелочно-земельные металлы, галогены, инертные газы (рис. 17). Получается, что качественные свойства химических элементов зависят от их количественных свойств и находятся в объективной зависимости от них. Причем эта зависимость имеет явно периодический характер, отношение качественных свойств к количественным меняется периодически, скачками.

Химические элементы

H He Li Be B C N O F Ne Na Mg Al Si P S Cl Ar K Ca Sc Ti ...

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 ...

Порядковые номера химических элементов

Рис. 17. Примеры периодического повторения химических свойств химических элементов в возрастающем ряду их порядковых номеров (выделение цветом условно):

- повторение свойств инертных газов – у гелия (He №2), неона (Ne № 10), аргона (Ar № 18);
- повторение свойств щелочных металлов – у лития (Li № 3), натрия (Na № 11), калия (K № 19);
- повторение свойств щелочно-земельных металлов – у магния (Mg № 12), кальция (Ca № 20);
- повторение свойств галогенов – у фтора (F № 9), хлора (Cl № 17)

Таким образом, все химические элементы в зависимости от их родства образуют естественную периодическую систему в виде таблицы со строками – периодами и колонками – группами (рис. 18).

III. ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII																					
		Заполняется третий электронный слой																																			
П Е Р И О Д Ы	1	1	H														2	He																			
	2	3	Li	4	Be												5	6	7	8	9	10	Ne														
	3	11	Na	12	Mg												13	14	15	16	17	18	Ar														
	4	19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
П Е Р И О Д Ы	5	37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
	6	55	Cs	56	Ba	57	La*	72	Hf	73	Ta	74	W	75	Re	76	Os	77	Ir	78	Pt	79	Au	80	Hg	81	Tl	82	Pb	83	Bi	84	Po	85	At	86	Rn
	7	87	Fr	88	Ra	89	Ac**	104	Rf	105	Db	106	Sg	107	Hb	108	Hs	109	Mt	110	Ds	111	Rg	112	Cn	113	Uu	114	Uuq	115	Uub	116	Uuc	117	Uuq	118	Uue
* Лантаноиды (заполняется четвертый электронный слой)																																					
58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu										
** Актинοиды (заполняется четвертый электронный слой)																																					
90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Fm	100	Mn	101	Md	102	No	103	Lr										

Рис. 18. Периодическая система химических элементов

В одном и том же периоде собраны химические элементы с одинаковым количеством электронных оболочек (энергетических уровней), и их количество совпадает с номером периода. Таким образом, от первого до седьмого периода в каждой группе (главной подгруппе) металлические свойства усиливаются, а неметаллические ослабевают, т. к. валентные электроны располагаются все дальше и дальше от ядра и им легче отрываться.

Номер группы показывает, как идет заполнение электронами валентных (внешних) электронных слоев, он совпадает с максимальным числом валентных электронов в первых двух электронных слоях внешних электронных оболочек. Поэтому от первой к седьмой группе в каждом периоде наблюдается плавный переход от типичных металлов – щелочных, с легкостью отдающих единственный валентный электрон, к типичным неметаллам – галогенам, с легкостью принимающих единственный недостающий электрон, а в восьмой группе находятся инертные газы с полностью заполненными электронными оболочками.

Заполненность валентными электронами внешних электронных слоев определяет способности атомов соединяться друг с другом, определяет возможную валентность химического элемента. Благодаря частичному или полному переходу валентных электронов между атомами возникает тот или иной вид химической связи. Валентность химического элемента как раз и определяет способность атома данного химического элемента образовывать определенное количество химических связей с атомами других химических элементов. Соединившиеся атомы химических элементов образуют молекулы химических соединений. Если индивидуальное вещество состоит из молекул, тогда именно молекулы определяют его природу, его свойства.

Различают качественный и количественный состав индивидуального вещества.

Качественный состав индивидуального вещества показывает, из каких химических элементов оно состоит (из атомов каких химических элементов состоят его молекулы). Если индивидуальное вещество (в т. ч. его молекулы) состоит из атомов одного и того же химического элемента, то такое вещество называют простым. При этом название простого вещества может совпадать с названием химического элемента, как, например, у натрия, калия, азота, кислорода, а может не совпадать, как, например, у озона, состоящего из атомов кислорода. Если индивидуальное вещество (в т. ч. каждая из его молекул) состоит из атомов разных химических элементов, тогда такое вещество называют сложным. Примеры сложных веществ: серная кислота (состоит из водорода, серы и кислорода), гидроксид натрия (состоит из натрия, кислорода и водорода), поваренная соль (состоит из натрия и хлора). Простые вещества различаются своими свойствами по той простой причине, что они состоят из разных химических элементов, а сложные вещества различаются своими свойствами потому, что состоят из разных наборов химических элементов. То, что индивидуальное вещество сложное, доказывает возможность его разложения на простые вещества, соответствующие химическим элементам.

Количественный состав индивидуального вещества показывает, в каком количестве атомы одного и того же химического элемента соединились в молекулы или же в каком соотношении атомы разных химических элементов присутствуют в химическом соединении (если они образуют молекулы, то в каком соотношении они соединились в молекулах). Например, молекулы кислорода и озона при н. у. имеют один и тот же качественный состав, т. к. они состоят из одного и того же химического элемента – кислорода, но они различаются своими свойствами по причине разного количественного состава: молекулы кислорода образованы двумя атомами кислорода, а молекулы озона – тремя атомами кислорода. Или молекулы угарного и углекислого газов также имеют один и тот же качественный состав, т. к. они состоят из одних и тех же химических элементов – углерода и кислорода, но они различаются своими свойствами по причине разного количественного состава: молекулы угарного газа образованы одним атомом углерода и одним атомом кислорода, а молекулы углекислого газа – одним атомом углерода и двумя атомами кислорода. Получается, что на один атом углерода в молекуле угарного газа приходится один атом кислорода, а в молекуле углекислого газа на один атом углерода приходится два атома кислорода (рис. 19). Примеры угарного и углекислого газов – это примеры сложных веществ постоянного состава или дальтони́дов. Они имеют один и тот же количественный состав независимо от способа их получения. Сложные вещества бывают и переменного состава – бертоллиды, они могут иметь разное соотношение атомов образующих их химических элементов в зависимости от способа их получения. Сложные вещества переменного состава или бертоллиды имеются, например, среди металлов (сплавов металлов, а также металлов с некоторыми неметаллами), оксидов (соединений какого-либо химического элемента с кислородом), сульфидов (соединений какого-либо металла с серой), карбидов (соединений какого-либо химического элемента с углеродом), гидридов (соединений какого-либо металла, а также ряда неметаллов с водородом). Например, латунь является сплавом меди с цинком (от нескольких до 40 % цинка), чугуны

и стали являются сплавами железа с углеродом, но в чугуне углерода более 2,14 %, а в стали – менее 2,14 %. У одного из оксидов урана на 10 атомов урана может приходиться от 16 до 25 атомов кислорода.

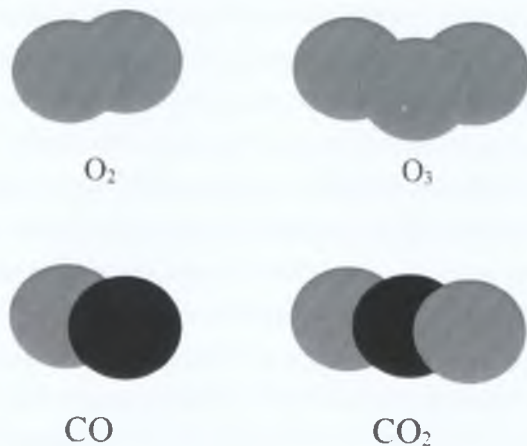


Рис. 19. Одинаковый качественный состав и разный количественный состав простых веществ кислорода и озона (вверху), а также сложных веществ постоянного состава (дальтонилов) угарного и углекислого газов (внизу)

Существуют индивидуальные вещества, называемые полимерами. Они состоят из гигантских макромолекул (полимерных молекул), которые в свою очередь состоят из большого числа повторяющихся атомных группировок – мономерных звеньев, или мономеров. Состав полимера определяется тем, из каких мономеров состоят его макромолекулы. У гомополимеров макромолекулы состоят из одинаковых мономеров. Например, макромолекулы полиэтилена состоят из радикалов этилена (рис. 20). У сополимеров, или гетерополимеров, макромолекулы состоят из нескольких типов мономеров. Например, макромолекулы акрилонитрилбутадиенстирола (АБС-пластика) состоят из трех типов мономеров: акрилонитрила, бутадиена и стирола. Поэтому у сополимеров важен не только качественный состав, но и количественный, т. к. свойства сополимера определяются не только типами мономеров, но и их количественным соотношением.

$\text{CH}_2=\text{CH}_2$ формула молекулы этилена

$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ формула радикала этилена

$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\dots-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
формула макромолекулы полиэтилена

Рис. 20. Состав макромолекулы гомополимера полиэтилена

Существуют еще более сложные, чем молекулы, полимолекулярные системы в виде супрамолекулярных (надмолекулярных) ансамблей (ассоциатов), элементы которых в виде молекул связаны в единое целое с помощью межмолекулярных взаимодействий. Свойства такого супрамолекулярного ансамбля зависят в первую очередь от того, какие молекулы и в каком соотношении вошли в его состав. Например, известен устойчивый супрамолекулярный ансамбль типа «гость-хозяин», состоящий из одной молекулы кукурбитурила (в ее составе тридцать шесть атомов углерода, тридцать шесть атомов водорода, двадцать четыре атома азота и двенадцать атомов кислорода), одной молекулы пиридина (в ее составе пять атомов углерода, пять атомов водорода и один атом азота) и одного или двух трехъядерных кластеров молибдена или вольфрама (в их составе три атома молибдена или вольфрама, четыре атома серы и селена и девять молекул воды).

Таким образом, свойства индивидуального вещества определяются, прежде всего, его качественным и количественным составом, т. е. тем, из каких химических элементов оно образовано, из каких мономеров образованы макромолекулы полимера, из каких молекул образованы супрамолекулярные ансамбли, а также, как химические элементы, мономеры или молекулы соотносятся между собой количественно.

Вопросы для самоконтроля

- Зачем нужно знать химический состав любого чистого индивидуального вещества?
- Что следует понимать под химическим составом?

- Как следует понимать химический элемент, какие наименьшие частицы определяют его природу?
- Чем, в первую очередь, различаются химические элементы?
- Сколько всего известно химических элементов, сколько из них обнаружено в природе и получено искусственно?
- Заряд атомного ядра положительный или отрицательный, чем он определяется?
- Как следует понимать изотоп?
- Чем различаются изотопы одного и того же химического элемента? Приведите примеры.
- Какая специфика атома химического элемента определяется зарядом его ядра?
- Чему соответствует порядковый номер химического элемента?
- Чем различаются атомы химических элементов соседних порядковых номеров?
- Растолкуйте периодический характер проявления свойств химических элементов в возрастающем ряду их порядковых номеров. Приведите примеры.
- Как следует понимать естественную систему химических элементов, периоды, группы?
- Какие химические элементы собраны в одном и том же периоде, в одной и той же группе? Что означает номер периода и номер группы? Как изменяются свойства химических элементов внутри периода или группы?
- Какие электроны называют валентными?
- Чем определяется способность атомов соединяться друг с другом, возможная валентность химического элемента?
- Что определяет валентность химического элемента?
- Как возникает химическая связь?
- Что образуется в результате соединения атомов химических элементов?
- Как следует понимать химическое соединение?
- Если индивидуальное вещество состоит из молекул, то что они могут определять?
- Как следует понимать качественный состав индивидуального вещества?
- Какие индивидуальные вещества называют простыми, а какие – сложными? Приведите примеры.
- Как опытным путем можно показать, что вещество сложное?
- Как следует понимать количественный состав индивидуального вещества? Приведите примеры индивидуальных веществ, имеющих одинаковый качественный, но разный количественный состав.

- Охарактеризуйте дальтониды и бертоллиды.
- Как следует понимать полимеры, макромолекулы, мономеры?
- Чем определяется состав полимера?
- Как следует понимать гомополимеры и сополимеры (гетерополимеры), как определяется состав тех и других? Приведите примеры.
- Как следует понимать супрамолекулярный (надмолекулярный) ансамбль (ассоциат)? От чего зависят его свойства?
- Что дает знание качественного и количественного состава любого чистого индивидуального вещества?

2.2. Концепция химической структуры индивидуальных веществ

- *о химической структуре индивидуальных веществ;*
- *об аллотропии и аллотропных модификациях простых веществ;*
- *об изомерии, структурной и пространственной изомерии сложных веществ;*
- *о пространственной структуре макромолекул полимеров и структуре полимеров;*
- *о структуре супрамолекулярных ансамблей*

Представления о химической структуре (химическом строении) индивидуальных веществ, которые определяют их разнообразие и свойства, формировались благодаря теоретическим работам, в первую очередь, таких ученых, как шведский химик Йёнс Якоб Берцелиус, французские химики Жан Батист Андре Дюма, Огюст Лоран, Шарль Фредерик Жерар (первая половина XIX в.), германский химик Фридрих Август Кёкуле фон Штрабониц, британский химик Арчибальд Скотт Купер, российский химик Александр Михайлович Бутлеров, нидерландско-германский химик Якоб Хендрик Вант-Гофф, французский химик Жозеф Ашиль Ле Бель, германский химик Иоганн Фридрих Вильгельм Адольф фон Байер (вторая половина XIX в.), швейцарский химик Альфред Вернер (конец XIX в.), германский химик Эмиль Герман Фишер (конец XIX в. – начало XX в.), австрийско-

американский химик Гёрман Фрэнсис Марк (первая половина XX в.), французский химик Жан Мари Лен (вторая половина XX в.). Они до сих пор в определенной степени сохраняют свою актуальность и не утратили не только своей научной, но и культурной ценности.

Химические свойства любого чистого индивидуального вещества (очищенного от других индивидуальных веществ) определяются не только его составом, т. е. тем, какие химические элементы и в каком соотношении входят в его состав (если есть молекулы, то в состав молекул), или какие мономеры и в каком соотношении входят в состав макромолекул полимера, или какие молекулы и в каком соотношении входят в состав супрамолекулярного ансамбля, а и отсутствием или наличием его структуры, т. е. тем, в каком порядке атомы химических элементов расположились относительно друг друга (если есть молекулы, то в каком порядке атомы химических элементов соединились и соответственно расположились относительно друг друга в молекулах), или в каком порядке мономеры соединились в макромолекулы полимера и в каком порядке они расположились, или в каком порядке расположились молекулы, образовав супрамолекулярный ансамбль.

В случае аллотропии простые вещества могут иметь один и тот же состав, но различаются своими свойствами, в зависимости от того, расположены ли атомы одного и того же химического элемента беспорядочным образом относительно друг друга, или же они, соединяясь друг с другом, образуют ту или другую упорядоченность. Так возникают различные аллотропные видоизменения, или аллотропные модификации, или аллотропные формы, какого-либо простого вещества. Причем аллотропные модификации могут иметь и неметаллы, и металлы. Например, сера бывает трех аллотропных модификаций в виде пластической серы, ромбической кристаллической серы и моноклинной кристаллической серы. У пластической серы отсутствует дальний порядок, т. к. атомы соединяются в короткие цепи, между которыми отсутствует какая-либо упорядоченность. У кристаллической серы имеется дальний порядок, т. к. атомы соединя-

ются с образованием объемных кристаллов: в зависимости от температуры у ромбической серы в виде октаэдров, а у моноклинной серы в виде удлиненных скошенных параллелепипедов. Олово имеет две аллотропные модификации, различающиеся формой кристаллов: белое металлическое олово с характерным металлическим блеском и серое олово в виде неблестящего серого порошка.

В случае изомерии сложные вещества могут иметь один и тот же состав, но различаться своими свойствами, в зависимости от того, в каком порядке атомы разных химических элементов соединились и соответственно расположились относительно друг друга (пространственно) в молекулах. Поэтому изомеры различаются прежде всего структурой или строением своих молекул, т. е. порядком соединения атомов и их пространственным расположением. Структура молекулы определяется особенностью химических связей между ее атомами. Изменение в структуре может сопровождаться и изменением конфигурации молекул, т. е. их пространственной или геометрической формы.

Различают структурную и пространственную изомерию.

Структурные изомеры отличаются порядком атомов в молекуле. Например, цианат серебра и фульминат серебра (гремучее серебро) имеют один и тот же состав (в их молекулах соединены по одному атому серебра, углерода, азота и кислорода), но они различаются своими свойствами из-за разного порядка соединения атомов: в молекуле цианата серебра атомы соединились в одном порядке (серебро-азот-углерод-кислород), а в молекуле фульмината серебра – в другом (серебро-углерод-азот-кислород). Разный порядок атомов в молекулах структурных изомеров может привести к различной конфигурации их молекул. Например, изомеры бутан и изобутан имеют один и тот же состав (в их молекулах соединены четыре атома углерода и десять атомов водорода), но различаются своими свойствами потому, что в молекуле бутана атомы углерода соединились последовательно, а в молекуле изобутана – с разветвлением. Соответственно молекула бутана имеет линейную конфигурацию, а молекула изобутана – разветвленную (рис. 21).



Рис. 21. Линейная конфигурация молекулы бутана (слева) и разветвленная конфигурация молекулы изобутана (справа) – двух структурных изомеров, имеющих один и тот же состав

Из-за разного порядка атомов в молекулах разных структурных изомеров могут формироваться и разные атомные функциональные группы. Например, изомеры этилового спирта и диметилового эфира, имея одинаковый состав (в их молекулах соединены два атома углерода, шесть атомов водорода и один атом кислорода), различаются своими свойствами потому, что в молекуле этилового спирта имеется гидроксильная группа, а в молекуле диметилового эфира – алкоксильная группа (рис. 22).



Рис. 22. Гидроксильная функциональная группа в молекуле этилового спирта (слева) и алкоксильная функциональная группа в молекуле диметилового эфира (справа) – двух структурных изомеров, имеющих один и тот же состав

Пространственные изомеры, или стереоизомеры, отличаются расположением атомов в пространстве при сохранении их порядка в молекулах. При этом молекулы стереоизомеров имеют различную конфигурацию, а одни и те же функциональные группы могут по-разному располагаться относительно остальной части молекулы. Например, у этилен-1,2-дикарбоновой кислоты имеется цис-изомер, или малеиновая кислота, в молекуле которой обе карбоксильные группы расположены по одну сторону плоскости двойной связи, а также транс-изомер, или фумаровая кислота, в молекуле которой две карбоксильные группы расположены по

разные стороны плоскости двойной связи (рис. 23). Глюкоза имеет два зеркальных, или оптических, изомера: правую D-глюкозу и левую L-глюкозу, молекулы одной из которых подобны зеркальному отражению молекул другой (рис. 24).



Рис. 23. Цис-изомер или малеиновая кислота (слева) и транс-изомер или фумаровая кислота (справа) – двух структурных изомеров этилен-1,2-дикарбоновой кислоты, имеющих один и тот же состав

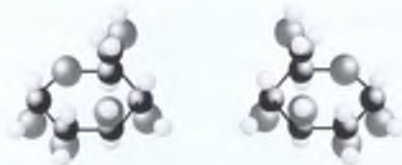


Рис. 24. Левая молекула, или L-глюкоза, (слева) и правая молекула, или D-глюкоза, (справа) – двух зеркальных, или оптических, изомеров глюкозы, имеющих один и тот же состав

Макромолекулы гомополимеров и сополимеров могут иметь три основные пространственные структуры (геометрические формы): линейную, разветвленную или сетчатую (рис. 25).

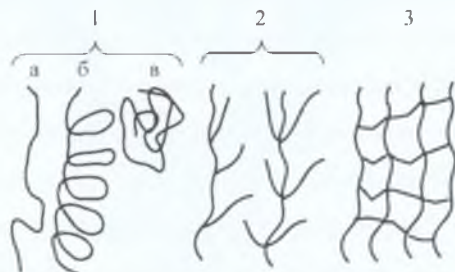


Рис. 25. Пространственные структуры (геометрические формы) макромолекул полимеров:

1 – линейная с разновидностями:

а – собственно линейная, б – спиральная, в – глобулярная,

2 – разветвленная, 3 – сетчатая

У сополимеров это может зависеть от последовательности соединения разных типов мономеров в макромолекулах. В макромолекулах статистических сополимеров разные момеры соединены без определенного порядка. В макромолекулах блоксополимеров разные типы мономеров сгруппированы в отдельные чередующиеся блоки. Линейную структуру в виде открытых, линейных цепей могут иметь, например, макромолекулы полиэтилена высокой плотности (полиэтилена низкого давления). Разновидностями линейной структуры являются, во-первых, спиральная структура в виде скрученных в спирали линейных цепей макромолекул, как, например, у искусственных полипептидов (искусственно полученных цепей из аминокислот), а во-вторых, глобулярная структура в виде свернувшихся в глобулы линейных цепей макромолекул, как, например, у хлорполивинилхлорида (ХПВХ). Разветвленную структуру в виде линейной цепи с ответвлениями могут иметь, например, макромолекулы полиэтилена низкой плотности (полиэтилена высокого давления). У привитого сополимера блоки одного из типов мономера присоединены в виде ветвлений к макроцепи, составленной из другого типа мономера (или разных типов мономеров). Например, у акрилонитрилбутадиенстирола (АБС-пластика) к макроцепи, составленной из мономеров акрилонитрила и стирола, присоединены ветвления из бутадиена. Сетчатую структуру в виде трехмерной сетки из сшитых цепей могут иметь, например, макромолекулы сшитого полиуретана.

Взаимное расположение макромолекул полимера определяет его структуру. Макромолекулы могут располагаться беспорядочно, образуя аморфные полимеры, а также в той или иной степени упорядоченно, образуя частично кристаллические, или кристаллизующиеся, полимеры. Упорядоченность макромолекул формирует надмолекулярную структуру кристаллизующегося полимера. Аморфным или кристаллизующимся полимером может быть, например, полиэтилен.

Входящие в состав супрамолекулярного ансамбля молекулы определяют его структуру в виде пространственного взаимного их расположения, что, в свою очередь, придает определенную форму самому супрамолекулярному ансамблю. Например, супрамолекулярный ансамбль типа «гость-хозяин», состоящий из одной молекулы кукурбитурила, одной молекулы пиридина и одного или двух трехъядерных кластеров молибдена или вольфрама, имеет форму «бочки» из молекулы кукурбитурила с одной или двумя «крышками» из одного или двух трехъядерных кластеров молибдена или вольфрама с «запертым» внутри «гостем» из пиридина (рис. 26).

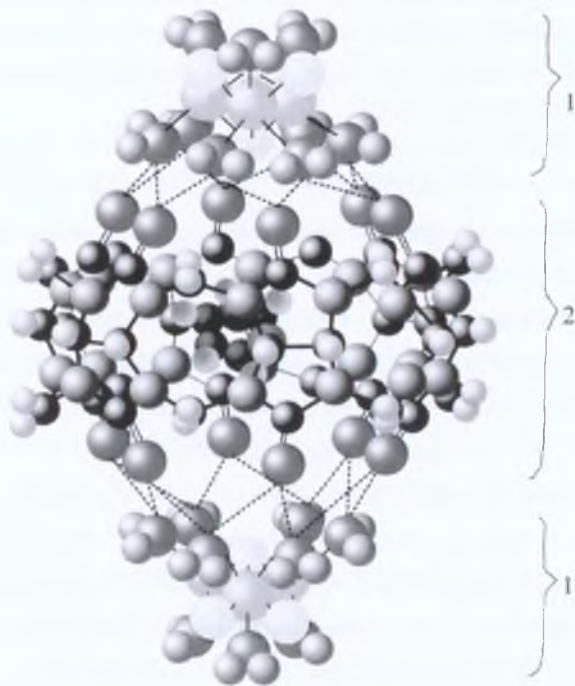


Рис. 26. Структура супрамолекулярного ансамбля типа «гость-хозяин» в форме «бочки» с двумя «крышками» из молекулы кукурбитурила с запертой внутри молекулой пиридина (2) и двух трехъядерных кластеров молибдена или вольфрама (1)

Вопросы для самоконтроля

- Как следует понимать структуру любого чистого индивидуального вещества? Что дает ее знание?
- Как следует понимать аллотропию? Приведите примеры аллотропных модификаций металлов и неметаллов.
- Как следует понимать изомерию, структурную изомерию, пространственную изомерию? Приведите примеры структурных и пространственных изомеров.
- Какие пространственные структуры (геометрические формы) могут иметь макромолекулы гомополимеров и сополимеров (гетерополимеров)? Приведите примеры.
- Чем различаются статистические сополимеры и блоксополимеры?
- Каким образом может определять структуру полимера взаимное расположение его макромолекул? Приведите примеры.
- Приведите примеры того, как входящие в состав супрамолекулярного ансамбля молекулы могут определять его структуру.

2.3. Концепция химической реакции

- о химическом изменении индивидуальных веществ и сохранении принадлежности атомов химическим элементам;
- об изменении электронных оболочек атомов и молекул;
- о взаимодействии реагентов и образовании продуктов;
 - о простых и сложных химических реакциях;
 - о признаках химических реакций;
 - об экзо- и эндотермических химических реакциях;
 - о скорости химической реакции и ее изменении;
- о катализаторах, катализе и каталитических реакциях;
- о необратимых и обратимых химических реакциях;
 - о химическом равновесии и его смещении

Представления о химической реакции (химическом процессе, химическом превращении) как химическом движении (химическом явлении) материи, от которых также зависит разнообразие и свойства индивидуальных веществ, формиро-

вались благодаря теоретическим работам, в первую очередь, таких ученых, как российский ученый-натуралист, поэт, художник, историк Миха́ил Васи́льевич Ломоно́сов (середина XVIII в.), британский химик Алекса́ндр Уи́льям Уи́льямсон, германские физик и химик Лю́двиг Фердинáнд Вильгéльми, химики Гéнрих Рóзе и Рóберт Вильгéльм Бúnзен, российский физикохимик Никола́й Никола́евич Бекéтов (середина XIX в.), французские физикохимик Пьер Эжéн Марселéн Бертлé, химики Луи Пеáн де Сен Жилль и Анри́ Жюль Дебрé, норвежские физикохимик и математик Кáто Максимилиáн Гүльдберг, физикохимик и минералог Пéтер Ваáге, нидерландско-германский химик Якоб Хéндрик Вант-Гофф, французский физикохимик и металлург Анри́ Луи́ Ле Шателъé (вторая половина XIX в.). Они до сих пор в определенной степени сохраняют свою актуальность и не утратили не только своей научной, но и культурной ценности.

Индивидуальные вещества остаются неизменными, сохраняя свои свойства, только лишь при сохранении определенных условий. В изменившихся условиях (например, температуры, давления, освещенности), в том числе при взаимодействии друг с другом индивидуальные вещества могут самопроизвольно измениться, превратившись в другие индивидуальные вещества, с другими свойствами. Если такое изменение индивидуальных веществ сопровождается изменением их состава (качественного или количественного) или же структуры (строения), то такое изменение будет химическим. Химические изменения называют химическими явлениями, химическими превращениями, химическими процессами или химическими реакциями.

В химических реакциях принадлежность атомов к химическим элементам не изменяется, но они, например (рис. 27):

- могут соединиться друг с другом, образуя молекулы, как, например, атомы натрия и углерода, соединившись, образуют молекулы карбида натрия;
- могут присоединиться к молекулам, как, например, атомы магния, присоединившись к молекулам бромистого метила, образуют бромистый метилмагний, в

том числе замещая другие атомы из молекул, как, например, атомы железа замещают атомы меди в молекулах сульфата меди, образуя сульфат железа;

– могут отщепиться от молекулы, как, например, от молекул перекиси водорода отщепляются атомы кислорода, причем и вплоть до полного разложения молекулы, как, например, молекулы сульфида железа разлагаются на атомы железа и серы.

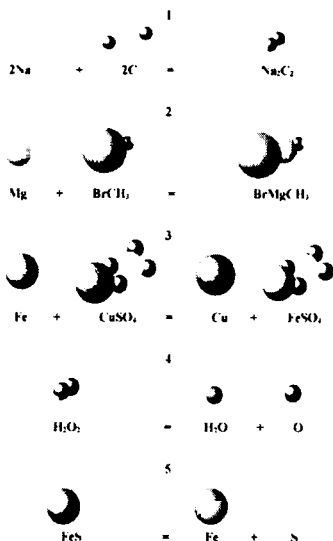


Рис. 27. Соединение атомов в молекулу (1), присоединение атома к молекуле (2), замена атома в молекуле (3), удаление атома из молекулы (4), разделение молекулы на отдельные атомы (5)

Также молекулы могут обмениваться атомами или группами атомов, как, например, молекулы поваренной соли и нитрата серебра могут обмениваться атомами натрия и серебра с образованием хлорида серебра и нитрата натрия, или в молекулах может произойти такая перекомбинация атомов, что возникнут другие молекулы химических соединений взамен прежних, как, например, в результате перекомбинации атомов сульфита натрия и соляной кислоты образуются молекулы поваренной соли, воды и двуокиси серы (рис. 28).

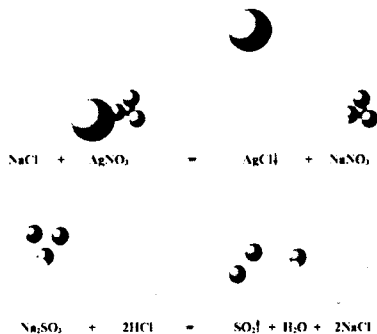


Рис. 28. Изменение молекул вследствие обмена атомами (вверху),
перегруппировки атомов (внизу)

Одинаковые или разные молекулы могут соединиться как мономеры в огромные макромолекулы гомогенных или гетерогенных полимеров, которые, в свою очередь, могут соединяться или разрываться. В определенных условиях макромолекулы полимеров могут изменить свою структуру, а также разрушаться.

Разные молекулы могут образовывать устойчивые супрамолекулярные ансамбли, которые, в свою очередь, в определенных условиях могут разрушаться.

Сохраняя свою принадлежность к химическим элементам, атомы в химических реакциях все же изменяются. Но при этом изменения касаются только лишь их электронных оболочек из-за возникновения, изменения или разрыва химических связей, а ядра сохраняются.

Химическая реакция начинается со смешивания одних индивидуальных веществ – исходных, называемых реагентами, и заканчивается образованием других индивидуальных веществ – конечных, называемых продуктами. Продукты химической реакции отличаются от реагентов составом или структурой, а, следовательно, своими свойствами. Взаимодействие двух реагентов сопровождается столкновениями их молекул и атомов, их химическое изменение с образованием молекул и атомов продуктов носит случайный характер и зависит от скорости движения молекул и атомов, частоты их столкновений, взаимной ориентации при столкновениях.

Простые, или элементарные, химические реакции могут осуществляться как один элементарный акт (одна элементарная стадия) по превращению реагентов в продукты. Так, например, происходит соединение атомов углерода с молекулами кислорода с образованием углекислого газа. Но гораздо чаще протекают сложные химические реакции, которые осуществляются через последовательность отдельных элементарных стадий, включают в себя ряд промежуточных стадий. При этом образование и изменение промежуточных веществ на каждой промежуточной стадии протекает, как правило, очень быстро. Например, реакция разложения закиси азота на азот и кислород протекает в две элементарные стадии (рис. 29). На первой стадии молекулы закиси азота разделяются на молекулы азота и атомарный кислород. На второй стадии атомы кислорода соединяются по два.

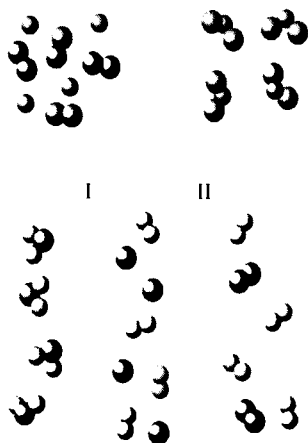


Рис. 29. Химическая реакция соединения атомов углерода с молекулами кислорода как одна элементарная стадия (вверху) и химическая реакция разложения закиси азота, протекающая в две элементарные стадии (внизу)

Так как химические реакции всегда осуществляются с превращением реагентов в продукты, свойства которых отличаются от свойств реагентов, химические реакции сопровождаются физическими эффектами, которые являются при-

знаками химических реакций. О том, что протекает химическая реакция можно судить, например, по:

- выделению продукта с агрегатным состоянием, отличным от агрегатного состояния реагентов (например, разложение твердого известняка сопровождается образованием твердого оксида кальция и выделением углекислого газа);

- образованию продукта с окраской, отличной от окраски реагентов (например, на светлой поверхности стали в результате соединения атомов железа с атомами кислорода воздуха появляется бурый налет оксида железа);

- появлению свечения (например, реакция люминола с перекисью водорода в присутствии красной кровяной соли с образованием аминифталата, азота и воды сопровождается свечением);

- разогреву, благодаря выделению теплоты (например, реакция соединения оксида кальция с водой с образованием гидроксида кальция сопровождается выделением теплоты – это экзотермическая реакция);

- охлаждению, благодаря поглощению теплоты (например, реакция лимонной кислоты с пищевой содой с образованием цитрата натрия, углекислого газа и воды сопровождается поглощением теплоты – это эндотермическая реакция).

Химические реакции могут протекать с различной скоростью, под которой понимают изменение концентрации одного из реагентов или продуктов реакции в единицу времени. Концентрацией называют отношение числа частиц индивидуального вещества, его количества или массы к объему или массе всей химической системы или площади поверхности разделения не смешивающихся индивидуальных веществ. Таким образом, скорость химической реакции характеризует ее быстроту, т. е. быстроту химического превращения, сопровождающегося уменьшением концентрации одного из реагентов или увеличением концентрации одного из продуктов.

Скорость химической реакции зависит, прежде всего, от природы реагирующих веществ. Например, калий при н. у. реагирует с водой очень бурно и

может даже воспламенить выделяющийся водород, в то время как литий реагирует с водой намного медленнее, а железо еще медленнее.

Скорость химической реакции зависит не только от природы вступивших в нее веществ, но и от условий протекания, например, от соотношения концентраций реагентов, их измельченности, характера перемешивания, температуры, давления, присутствия катализаторов. Причем, изменения условий протекания химической реакции, может привести к изменению не только скорости ее протекания, но и образования продуктов из ряда возможных для этой реакции. Например, медь реагирует с разбавленной серной кислотой в присутствии кислорода воздуха очень медленно с образованием сульфата меди и воды, а с концентрированной серной кислотой при сильном нагревании не только увеличивается скорость реакции, но и наряду с сульфатом меди и водой образуется еще диоксид серы.

Скорость химической реакции возрастает с увеличением концентраций реагентов, их измельченности, с улучшением их перемешивания, с увеличением температуры и давления в реакционной системе, т. к. все это способствует более частому и более интенсивному соударению микрочастиц реагентов. Например, взаимодействие водорода с кислородом при комнатной температуре почти не происходит, при 500 °С эта реакция протекает всего за 50 мин, а при 700 °С она протекает почти мгновенно.

Катализатор – это вещество, ускоряющее химическую реакцию посредством промежуточного химического взаимодействия с реагентами, но в реакции не расходуемое и не входящее в состав конечных продуктов. Каталитическими свойствами обладают многие простые и сложные вещества, в т. ч. органические. Например, самопроизвольное разложение перекиси водорода на воду и кислород при н. у. идет медленно, но добавление небольшого количества диоксида марганца ускоряет реакцию почти до взрыва. Или порошок алюминия с парами йода при н. у. не обнаруживает заметных признаков взаимодействия, но достаточно капли воды, чтобы вызвать бурную реакцию. Некоторые катализаторы позволяют существенно снизить не только температуру, но и давление.

Например, синтез метанола из угарного газа и водорода без катализатора осуществляется при давлении до 1000 атм. и температуре 300–400 °С, в то время как в присутствии катализатора на основе оксидов цинка и меди реализуется при давлении 50 атм. и температуре 260–290 °С. Для повышения скорости сгорания смеси бензина и воздуха в двигателях внутреннего сгорания в бензин добавляют катализатор в виде органического соединения металла, например, циклопентадиенилтрикарбонилмарганец.

Каждый катализатор обладает специфичностью действия, т. к. ускоряет одну или несколько однородных химических реакций. Поэтому при наличии одних и тех же реагентов можно получить разные продукты в зависимости от используемого катализатора. Получается, что какой-либо катализатор, ускоряя, направляет химическую реакцию на получение конкретных продуктов из ряда возможных. Например, из смеси оксида углерода и водорода, подбирая нужный катализатор, можно получить или метан, или смесь жидких углеводородов, или высокомолекулярные твердые углеводороды, или метиловый спирт, или изобутиловый спирт, или другие продукты.

Ускорение основной (базисной) химической реакции в присутствии катализатора называют катализом, а саму базисную химическую реакцию в присутствии катализатора – каталитической. Промежуточный комплекс катализатора с реагентами, образовавшийся в результате их взаимодействия, называется элементарной каталитической системой. Элементарная каталитическая система переходная, т. к. ее существование завершается образованием продуктов и восстановлением катализатора. Если в ходе реакции идет постоянный приток извне новых реагентов, отвод готовых продуктов, а также выполняются еще некоторые дополнительные условия, реакция может идти неограниченно долго, находясь на одном и том же стационарном уровне. Такие многократно возобновляемые комплексы катализатора с реагентом и являются элементарными открытыми, т. е. незамкнутыми, не изолированными от внешней среды, каталитическими системами.

Разновидностью катализа является автокатализ, когда в качестве катализатора выступает один из продуктов или реагентов химической реакции. Если катализатором является один из продуктов химической реакции, тогда эта реакция в начале протекает медленно, но по мере накопления продукта-катализатора она самоускоряется. Так, например, происходит в автокаталитической реакции взаимодействия этилацетата и воды с образованием уксусной кислоты и этилового спирта, катализатором которой является уксусная кислота.

По направлению все химические реакции можно разделить на необратимые и обратимые. Необратимыми называют химические реакции, в результате которых исходные вещества практически полностью превращаются в продукты. Таких реакций немного. Это, например, реакции горения. Гораздо более многочисленную группу составляют обратимые реакции, которыми называют химические реакции, протекающие одновременно в двух противоположных направлениях – прямом и обратном. Например, в прямом направлении водород и азот дают аммиак, а в обратном аммиак распадается на водород и азот. В обратимых процессах скорость прямой реакции вначале максимальна, а затем уменьшается из-за того, что уменьшаются концентрации исходных веществ, расходуемых на образование продуктов реакции. Скорость обратной реакции, наоборот, минимальна вначале и увеличивается по мере увеличения концентрации продуктов реакции. Наконец, наступает такой момент, когда скорости прямой и обратной реакций становятся равными. Такое состояние обратимого химического процесса, при котором скорость прямой химической реакции равна скорости обратной химической реакции, называют химическим равновесием. Параметры состояния химической системы при химическом равновесии не зависят от времени. Химическое равновесие является динамичным (подвижным), т. к. при его наступлении реакция не прекращается, но неизменными остаются концентрации компонентов, т. е. за единицу времени образуется такое же количество продуктов прямой реакции, какое превращается в исходные вещества. При неизменных условиях равновесие обратимой реакции может сохраняться неопределенно

долгое время, а при их изменении химическое равновесие может сместиться в сторону либо прямой, либо обратной реакции. Если изменить одно из условий – температуру, давление или концентрацию веществ, при которых данная система находится в состоянии химического равновесия, то равновесие сместится в направлении, которое ослабляет это изменение.

Вопросы для самоконтроля

- Как следует понимать химическую реакцию?
- Что происходит в химических реакциях с атомами химических элементов, с молекулами? Приведите примеры.
- С чего начинается и чем заканчивается химическая реакция?
- Опишите взаимодействие двух реагентов на атомно-молекулярном уровне.
- Как следует понимать простые (элементарные) и сложные химические реакции? Приведите примеры.
- По каким физическим эффектам можно судить о том, что протекает химическая реакция? Приведите примеры.
- Как следует понимать скорость химической реакции, концентрацию реагента или продукта?
- Что может вызвать повышение скорости химической реакции? Приведите примеры.
- Как следует понимать катализатор, его специфичность? Приведите примеры.
- Как следует понимать катализ, каталитическую реакцию, элементарную каталитическую систему, открытую элементарную каталитическую систему?
- Как следует понимать автокатализ? Приведите примеры.
- Как следует понимать необратимую и обратимую химическую реакцию? Приведите примеры.
- Как устанавливается химическое равновесие обратимой химической реакции, как его следует понимать?
- Как изменяется химическое равновесие обратимой химической реакции при изменении условий?

2.4. Концепция химической эволюции

- о самосовершенствовании катализатора;
- об изменчивости, конкуренции и химическом отборе катализаторов;
- о химической эволюции и эволюционирующем веществе;
- о прогрессивном усложнении открытых каталитических и автокаталитических систем, а также молекул и макромолекул и появлении гиперциклов

Представления об эволюции материи на химическом уровне ее организации, от которой также зависит разнообразие и свойства индивидуальных веществ, формировались благодаря теоретическим работам, в первую очередь, таких ученых, как американский физикохимик Аллан Тóлботт Гуóтми (середине XX в.), советско-российский химик Алексáндр Прокóфьевич Рудéнко, западногерманский физикохимик Мánфред Э́йген и австрийский химик-теоретик Пётр К. Шүстер (вторая половина XX в.). Они весьма актуальны, имеют не только научную, но и культурную ценность.

В ходе базисной каталитической химической реакции может наблюдаться такое перестраивание структуры катализатора, благодаря чему эффективность катализа в целом повышается. Такое явление названо самосовершенствованием катализатора.

Молекулы катализаторов, осуществляющие базисную каталитическую химическую реакцию, могут по причине каких-то внешних воздействий измениться. Любое изменение молекулы катализатора тут же отразится на ее каталитической активности, т. е. способности создавать элементарные открытые каталитические системы и осуществлять катализ. При этом активность катализатора, а соответственно и эффективность катализа и базисной каталитической химической реакции, может либо повыситься, либо понизиться. Более активные катализаторы эффективнее перерабатывают реагенты, осуществляют катализ и базисную каталитическую химическую реакцию, а менее активные катализаторы намного менее эффективно перерабатывают те же реагенты, уступая более активным катализаторам. Получается, что бо́льшую долю имеющихся реагентов успевают переработать бо-

лее активные катализаторы, способные быстрее создавать элементарные открытые каталитические системы. В результате такой конкуренции между катализаторами за реагенты и химического отбора доминируют и преимущественно протекают те базисные каталитические химические реакции, которые идут быстрее. Механизмы конкуренции и химического отбора наиболее активных катализаторов складываются именно по параметру их абсолютной каталитической активности. Большая активность катализатора может сочетаться с их большей специфичностью и большей сложностью строения молекулы.

Таким образом, случайная изменчивость катализаторов и химический отбор наиболее активных из них в целом приводит к самопроизвольному необратимому и направленному улучшению элементарной открытой каталитической системы и базисной каталитической химической реакции, что и составляет суть необратимого процесса их саморазвития или эволюции. Эволюционирующим веществом в химической эволюции являются катализаторы. С наибольшей скоростью и вероятностью образуются те пути эволюционных изменений катализатора, на которых происходит максимальное увеличение его абсолютной активности. Химическая эволюция может идти не только благодаря самопроизвольному направленному и необратимому многократному последовательному изменению катализатора в сторону его большей активности, и, что более вероятно, специфичности и сложности, а также самопроизвольному необратимому и направленному улучшению элементарной открытой каталитической системы, но и благодаря дроблению самой базисной каталитической химической реакции на элементарные стадии и появлению новых катализаторов этих стадий, в т. ч. и с формированием сложной автокаталитической химической реакции, в которой один из продуктов предыдущего этапа является катализатором следующего этапа химического превращения вещества. Если продукт завершающего этапа целой цепи автокаталитических превращений становится катализатором начального этапа, тогда цепь автокаталитических превращений замыкается, формируя замкнутый автокаталитический цикл. Такие автокаталитические циклы способны к осуществлению круговорота веществ.

Получается, что в процессе химической эволюции формируются и развиваются, конкурируя друг с другом за реагенты и подвергаясь химическому отбору, разнообразные открытые каталитические системы, отличающиеся от внешней среды (хотя и не отделенные от нее явно) и осуществляющие связанные друг с другом базисные химические реакции по переработке имеющихся реагентов во все более сложные и высокоорганизованные продукты, которые, обладая каталитическими свойствами, запускают новые этапы химических превращений. Эти сложные (многоэтапные) открытые каталитические системы могут развиваться и как линейные, и как разветвленные, и как циклические (менее сложные автокаталитические циклы и более сложные гиперциклы, отличающиеся тем, что продукт какого-либо их отдельного звена не только является катализатором следующего превращения, но еще способен к самокопированию, или репликации) (рис. 30).

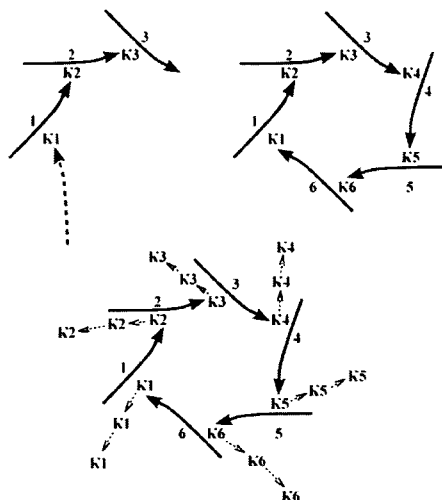


Рис. 30. Схемы, показывающие последовательное формирование сложной линейной (многоэтапной) автокаталитической химической реакции (вверху слева), замкнутого автокаталитического цикла (вверху справа) и гиперцикла (внизу):

- 1, 2, 3, 4, 5, 6 – базисные каталитические химические реакции, осуществляемые соответствующими катализаторами K1, K2, K3, K4, K5, K6, образовавшимися как продукты предшествовавших химических реакций;
- $K1 \rightarrow K1 \rightarrow K1 \dots K6 \rightarrow K6 \rightarrow K6$ – самокопирование (репликация) катализаторов

При этом максимальное эволюционное преимущество получают открытые каталитические системы, развивающиеся на базе экзотермических реакций. Являясь химическими системами, эволюционирующие открытые каталитические системы способны приспосабливаться к внешней среде, подгоняя себя под ее изменяющиеся условия. Суть химической эволюции в том, что ресурсом в виде реагентов завладевает та открытая каталитическая система, которая быстрее его использует несмотря на то, как бы много ресурса ни было. Эволюция открытой каталитической системы сопряжена с прогрессивным усложнением молекул, с превращением их в макромолекулы, т. к. большая активность катализатора может сопровождаться его усложнением.

Вопросы для самоконтроля

- Как следует понимать самосовершенствование катализатора?
- Как следует понимать химическую эволюцию на уровне открытых каталитических систем?
- Что является эволюционирующим веществом?
- Какое значение для химической эволюции имеет случайная изменчивость катализатора?
- Какое значение для химической эволюции имеет химический отбор наиболее активных катализаторов?
- В каких направлениях может эволюционировать открытая каталитическая система?
- Как формируется замкнутый автокаталитический цикл?
- Охарактеризуйте гиперцикл.
- В чем состоит положительное значение химической эволюции?
- Может ли химическая эволюция сопровождаться усложнением эволюционирующего вещества?

2.5. Концепция многоуровневой иерархии химических систем

Совокупности взаимодействующих между собой материальных объектов одного класса образуют химические системы одного и того же уровня. Но эти химические системы, взаимодействуя между собой как единицы, образуют более сложные и масштабные химические системы, образующие выше располо-

женный уровень. Так формируется иерархический ряд химических систем. Выделяют следующие уровни иерархического ряда химических систем:

- атомов – уровень взаимодействия электронов электронных оболочек с ядром, а также между собой (валентных, остовных) в том или ином атоме, что определяет разнообразие и соответствующие свойства химических элементов, в т. ч. валентность, металличность, неметалличность или амфотерность;

- молекул – уровень взаимодействия атомов химических элементов в той или иной молекуле, что определяет возможные состав и структуру молекулы, а также возможные ее изменения;

- макромолекул – уровень взаимодействия мономеров в той или иной макромолекуле, что определяет возможные состав и структуру макромолекулы, а также возможные ее изменения;

- супрамолекулярных ансамблей – уровень взаимодействия молекул в том или ином супрамолекулярном ансамбле, что определяет возможные состав и структуру супрамолекулярного ансамбля, а также возможные его изменения;

- индивидуальных веществ – уровень взаимодействия атомов, молекул, макромолекул или супрамолекулярных ансамблей в том или ином индивидуальном веществе, что определяет возможные состав и структуру индивидуального вещества, в т. ч. полимера, а, следовательно, его свойства, а также возможные их изменения.

Вопросы для самоконтроля

- Каким образом формируется иерархический ряд химических систем?
- Назовите и охарактеризуйте уровни иерархического ряда химических систем.

**ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОЙ БИОЛОГИИ,
СОСТАВЛЯЮЩИЕ СОВРЕМЕННУЮ БИОЛОГИЧЕСКУЮ
КАРТИНУ МИРА**

В истории биологии можно выделить ряд возникших в разное время концепций как обобщенных ответов на сущностные, основополагающие вопросы о живом мире, составивших концептуальную систему в виде биологической картины мира. Прежде всего это ответы на следующие вопросы.

- Что представляет собой живое (живая материя), по каким критериям можно отличить живое от неживого (живую материю от неживой материи)?
- Каким образом могла возникнуть жизнь (живая материя)?
- Каким образом живая материя эволюционирует, как могут возникать новые виды?

Появление очередной биологической концепции открывало новое видение биологической реальности, показывало, что биологический мир более сложный, чем представлялся до тех пор, обогащало биологическое познание мира новыми установками, идеалами. Со временем что-то в них устаревало, теряло свою значимость, т. к. противоречило новым биологическим знаниям, но что-то важное сохранялось, не утратив своей ценности. Таким образом, в современной биологической картине мира можно выделить главным образом четыре концепции биологии:

- концепцию обмена веществ (метаболизма) живого, не теряющую своей значимости благодаря объективному существованию живой материи, способной к обмену веществ (метаболизму);
- концепцию самовоспроизведения живого, не теряющую своей значимости благодаря объективному существованию живой материи, способной к самовоспроизведению;

- концепцию однократного абиогенного происхождения живого, не теряющую своей значимости благодаря доказываемой все большим количеством научных фактов возможности появления живой материи в результате эволюции химических систем;
- концепцию биологической эволюции, не теряющую своей значимости благодаря объективному существованию эволюции живой материи.

3.1. Концепция обмена веществ (метаболизма) живого

– об открытости целостных живых вещественных объектов;

– об обмене веществ, или метаболизме;

– о катаболизме (диссимилиляции) и анаболизме (ассимиляции);

– о ферментах (энзимах), биокатализе (ферментативном катализе)

Представления об открытости целостных живых вещественных объектов и производимом ими обмене веществ (метаболизме) формировались благодаря прежде всего экспериментальным работам, в первую очередь, таких ученых, как французский химик Антуан Лоран Лавуазье, французский ученый-натуралист Рене Антуан Реомюр, итальянский ученый-натуралист и священник Ладзаро Спалланцани, британский священник, ученый-натуралист, философ Джозеф Пристли, швейцарский ученый-натуралист Жан Сенебье, нидерландско-британский физик и химик Йоханнес (Ян) Ингенхаус (вторая половина XVIII в.), швейцарский ученый-натуралист Никола Теодор де Соссюр (конец XVIII – начало XIX вв.), российский химик Константин Готтлиб Сигизмунд Кирхгоф, французский химик и математик Ансельм Пайен, французский химик и биохимик Жан Персд (первая половина XIX в.), французский физиолог и патолог Клод Бернар (середина XIX в.), германский биохимик и физиолог Эрнст Феликс Иммануил Гоппе-Зейлер (вторая половина XIX в.), российский микробиолог Сергей Николаевич Виноградский, германские химик и биохимик Эдуард Бухнер, химик-органик и биохимик Эмиль Герман Фишер, биохимик и физиолог Людвиг Карл

Мартин Леонард Альбрехт Коссель (вторая половина XIX – первая половина XX вв.). Они до сих пор в определенной степени сохраняют свою актуальность и не утратили не только своей научной, но и культурной ценности.

Любые целостные живые вещественные объекты (живые тела) являются открытыми системами (примитивные хотя бы на одной из обязательных стадий своего жизненного цикла, как, например, вирусы вместе с подходящей живой клеткой организма-хозяина, в которой они паразитируют), что правда само по себе еще не является специфическим признаком живого. Но благодаря такому свойству живые тела активно взаимодействуют с внешней средой. И это взаимодействие сопровождается избирательным поглощением из внешней среды индивидуальных веществ (а у фотосинтезирующих организмов еще и фотонов), биохимическим превращением их частично в нужные формы, необходимые живому телу и образующие его, становясь его неотъемлемой частью, а частично в более простые формы, которые вместе с ненужными веществами выводятся во внешнюю среду. Биохимические превращения (реакции) по своей природе не отличаются от химических, хотя они и индуцируются живыми телами. Всю совокупность биохимических реакций, обеспечивающую жизнедеятельность живому телу, называют обменом веществ, или метаболизмом, который является одним из главных отличительных свойств всего живого, но не единственным. Наличие обменных процессов (процессов метаболизма) характерно для любого живого объекта (хотя бы на одной из обязательных стадий своего жизненного цикла). Но подобные процессы можно усмотреть не только у живых объектов, а еще и у химических, например, у открытых каталитических систем, в т. ч. автокаталитических циклов и гиперциклов.

Все процессы обмена веществ, или метаболизма, можно условно разделить на два качественно различающихся вида: процессы катаболизма, или диссимиляции (распада сложных органических веществ на более простые, в т. ч. и неорганические вещества) и процессы анаболизма, или ассимиляции (синтеза

сложных органических веществ из более простых, в т. ч. неорганических). Процессы катаболизма и анаболизма в живом теле определенным образом организованы во времени и пространстве, согласованы между собой и образуют целостную, тончайше отрегулированную систему обмена веществ (метаболизма), сложившуюся в результате длительной эволюции как одна из основополагающих (базовых) жизненных систем.

В своем большинстве биохимические превращения, происходящие как в живых телах, так и во внешней среде под влиянием живых тел, являются биокаталитическими или ферментативными. Для их осуществления живые тела синтезируют специфические белковые катализаторы – ферменты, или энзимы, являющиеся биополимерами. Поступившие во внешнюю среду или выделенные искусственно из живых тел ферменты сохраняют свою активность при определенных условиях. Осуществляемый при помощи синтезированных живыми системами ферментов ферментативный катализ, или биокатализ, во многом подобен обычному химическому катализу, но есть и существенные отличия:

- ферментативный катализ намного быстрее по сравнению с не ферментативным катализом, т. к. ферменты как белковые макромолекулы имеют особую форму (конфигурацию), благодаря которой они очень хорошо подходят к молекулам реагентов как ключ к замку, способны удерживать их в ждущем состоянии до начала реакции, собирают подходящее химическое окружение для нужного ферментативного процесса;
- ферментативный катализ отличается от неферментативного большей специфичностью (избирательностью), т. к. каждый фермент направляет и ускоряет, как правило, одну реакцию по превращению одного реагента в один продукт;
- ферментативный катализ отличается от не ферментативного регулируемостью, в основе которой лежит изменение активности фермента.

Почти любое вещество, для того чтобы участвовать в обмене веществ, должно вступить во взаимодействие с ферментом. При этом оно будет изме-

няться с большой скоростью в совершенно определенном направлении. Каждая ферментативная реакция является отдельным звеном в цепи тех биохимических превращений (метаболических путей), которые в своей совокупности и составляют обмен веществ (метаболизм). Каталитическая активность ферментов изменяется в широких пределах и находится под контролем сложной и тонкой системы регуляций, обеспечивающих организму оптимальные условия жизнедеятельности при меняющихся условиях внешней среды. Таким образом, закономерный порядок биохимических превращений зависит от состава и активности ферментного аппарата, настраивающегося в зависимости от потребностей организма. Интересно, что в основе обмена веществ (метаболизма) лежит единый для всех организмов биохимический план. Но наряду с принципиальным сходством в основном порядке биохимических превращений организмы, принадлежащие к разным систематическим группам и стоящие на разных ступенях исторического развития, имеют существенные и характерные различия в обмене веществ (метаболизме).

Вопросы для самоконтроля

- Как следует понимать то, что любой целостный живой вещественный объект в виде живого тела является открытой системой?
- Отличаются ли биохимические реакции по своей природе от химических реакций? А вообще они чем-то отличаются друг от друга?
- Как следует понимать обмен веществ (метаболизм)?
- Почему обмен веществ, или метаболизм, является одним из главных отличительных свойств всего живого, но не единственным?
- Как следует понимать катаболизм и анаболизм? Как они соотносятся с обменом веществ (метаболизмом)?
- Почему биохимические превращения в своем большинстве являются биокаталитическими или ферментативными?
- Как следует понимать ферменты или энзимы, какова их природа? Могут ли они сохранять свою активность вне живого тела?

- Как следует понимать биокатализ или ферментативный катализ, отличается ли он от химического катализа?
- Существует ли что-то объединяющее в обмене веществ (метаболизме) различных представителей живой природы?

3.2. Концепция самовоспроизведения живого

- о самовоспроизведении и его молекулярных механизмах;
- о составе, структуре и основной функции ДНК и РНК;
 - о репликации (редупликации) ДНК;
- о комплементарности азотистых оснований и цепей ДНК;
 - о транскрипции;
 - о трансляции;
- о кодон-антикодонном взаимодействии;
- о генетическом коде и его свойствах

Представления о молекулярных механизмах самовоспроизведения целостных живых вещественных объектов и особенностях, участвующих в этом макромолекул, формировались благодаря экспериментальным и теоретическим работам, в первую очередь, таких ученых, как швейцарский физиолог, гистолог и биолог Иоганн Фридрих Мишер, германский анатом и гистолог Рихард Альтман, германский биохимик и физиолог Людвиг Карл Мартин Леонгард Альбрехт Коссель (вторая половина XIX в.), американский биохимик Фозбус Арон Теодор Левен (10–20-е годы XX в.), британский бактериолог, генетик и врач Фредерик Гриффит (1928 г.), британский физик, молекулярный биолог Уильям Томас Астбери (1937 г.), американские генетик Джордж Уэлс Бидл, биохимик и генетик Эдуард Лаури Тейтем, молекулярный биолог, иммунолог и медик Освальд Теодор Эйвери (40-е годы XX в.), шведский цитолог и генетик Торбьёрн Оскар Касперссон, австрийско-германско-французско-американский биохимик Эрвин Чаргафф, британский химик-органик Александр Робертус Тодд (40–50-е годы XX в.), американский бактериолог и генетик Алфред Дей Херши, британские биофизик Морис Хьюг Фредерик Уилкинс, биофизик и уче-

ный-рентгенограф Розалинда Эли Фрэнклин, советско-американский физик-теоретик, астрофизик и популяризатор науки Георгий Антонович Гамов, американский биохимик Артур Корнберг, западногерманско-американский физик, биофизик, генетик, вирусолог и молекулярный биолог Макс Людвиг Хеннинг Дельбрюк, американские микробиолог и генетик Мэтью Мезелсон, молекулярный биолог Фрэнклин Уильям Шталь (50-е годы XX в.), американский биолог Джеймс Дьюи Уотсон, британский молекулярный биолог, врач и нейробиолог Фрэнсис Харри Кэмптон Крик (50–60-е годы XX в.), французские микробиолог и генетик Франсуа Жакоб, биохимик и микробиолог Жак Люсьен Монó, американский биохимик и генетик Маршалл Уоррен Ниренберг, индийско-американский молекулярный биолог Хар Гобинд Корана и испанско-американский биохимик Севéro Очоа (60-е годы XX в.). Они в определенной степени сохраняют свою актуальность и не утратили не только своей научной, но и культурной ценности.

Любые целостные живые вещественные объекты (живые тела) способны к самовоспроизведению. Под самовоспроизведением понимают способность размножаться, т. е. создавать такие же или подобные тела с увеличением тем самым своей численности. Но самовоспроизведение само по себе еще не является специфическим признаком живого, т. к. к самовоспроизведению в виде репликации также с увеличением своей численности способны и продукты отдельных звеньев гиперцикла – еще химической системы.

В основе самовоспроизведения лежат биохимические процессы репликации (редупликации), транскрипции и трансляции. Ключевая роль при этом принадлежит природным информационным биополимерным макромолекулам ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислоты) и РНК (рибонуклеиновой кислоты). Мономерами ДНК и РНК являются нуклеотиды, состоящие из азотистого основания (аденина, тимина, гуанина или цитозина у ДНК, аденина, урацила, гуанина или цитозина у РНК), пятиуглеродного сахара (дезоксирибозы у ДНК, рибозы у РНК) и остатка фосфорной кислоты (рис. 31).

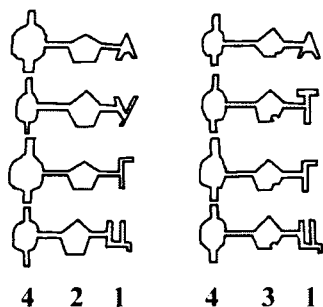


Рис. 31. Схемы, показывающие строение нуклеотидов РНК – рибонуклеотидов (слева) и нуклеотидов ДНК – дезоксирибонуклеотидов (справа):

- 1 – азотистые основания (А – аденин, У – урацил, Т – тимин, Г – гуанин, Ц – цитозин);
 2 – рибоза; 3 – дезоксирибоза; 4 – остаток фосфорной кислоты

Причем макромолекулы ДНК имеют двухцепочечную структуру в виде двойной спирали, а макромолекулы РНК – одноцепочечную структуру, подобную половинке ДНК (рис. 32). ДНК (а у ряда вирусов – РНК) является материальным носителем наследственной, или генетической информации. Эта информация называется наследственной потому, что она наследуется, т. е. передается от родительских особей потомкам. А генетической эта информация называется потому, что в ДНК выделяются отдельные, расположенные строго друг за другом и неперекрывающиеся, участки – гены как единицы генетической информации, и каждый ген хранит информацию (главным образом) о последовательности аминокислот в соответствующей белковой молекуле по принципу: один ген – один белок. Наследственная, или генетическая информация определяет все признаки живого тела. Таким образом, основная функция ДНК (а у ряда вирусов – РНК) – хранение и передача наследственной, или генетической, информации дочерним особям (а у многоклеточных организмов – и дочерним клеткам), а также реализация ее в РНК и белковых макромолекулах. Кроме того, различные типы РНК (рибосомная, матричная или информационная, а также транспортная) обеспечивают синтез белков.

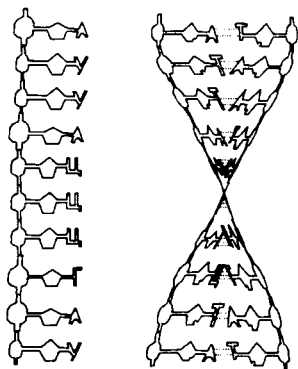


Рис. 32. Схемы, показывающие одноцепочечную структуру фрагмента РНК (слева) и двухцепочечную структуру фрагмента ДНК в виде двойной спирали (справа)

Для макромолекул ДНК характерно важное свойство удвоения – образования двух одинаковых двухцепочечных макромолекул, каждая из которых идентична исходной макромолекуле. Такой процесс называется репликацией (редупликацией) (рис. 33).

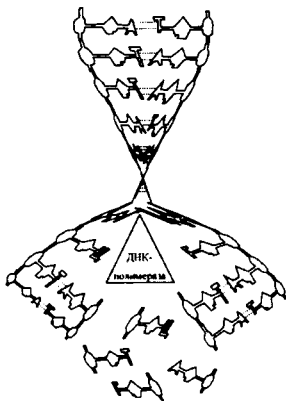


Рис. 33. Схема репликации фрагмента макромолекулы ДНК

Под воздействием фермента ДНК-полимеразы двухцепочечная спираль ДНК раскручивается и цепочки расходятся, отделяясь друг от друга. Из свободных

нуклеотидов, имеющих в содержимом клетки, в строгом соответствии с принципом комплементарности достраивается двухцепочечная структура каждой половинки ДНК. Комплементарность означает соответствие. Азотистому основанию аденину соответствует азотистое основание тимин (или урацил), и наоборот тимину (или урацилу) – аденин, а азотистому основанию гуанину соответствует азотистое основание цитозин, и наоборот цитозину – гуанин. Таким образом, выделяются комплементарные пары азотистых оснований:

- аденин – тимин (или урацил);
- гуанин – цитозин.

Цепи ДНК комплементарны друг другу, т. к. их соединение в двухцепочечную структуру осуществляется комплементарными азотистыми основаниями. Комплементарность цепей ДНК лежит в основе их важнейшей функции: передачи наследственной информации. Репликация на основе комплементарности азотистых оснований обеспечивает точное копирование генетической информации для ее передачи дочерним клеткам.

ДНК служит матрицей (инструкцией) для синтеза матричной, или информационной, РНК. Процесс передачи генетической информации с ДНК на матричную РНК называется транскрипцией (рис. 34).

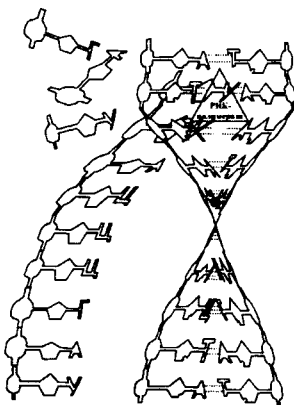


Рис. 34. Схема транскрипции

Матричная РНК синтезируется при участии специального фермента РНК-полимеразы на одной из половинок ДНК из свободных нуклеотидов, имеющих в содержимом клетки, опять же в строгом соответствии с принципом комплементарности. В эукариотических клетках к тому же точность передачи генетической информации с ДНК на матричную, или информационную, РНК поддерживается тремя ферментными системами, находящимися в ядре.

Матричная, или информационная, РНК служит своеобразной матрицей (инструкцией) о том, в какой последовательности должны присоединяться аминокислоты друг к другу при синтезе белковой макромолекулы. Процесс передачи генетической информации с матричной РНК на синтезируемую белковую макромолекулу называется трансляцией (рис. 35).

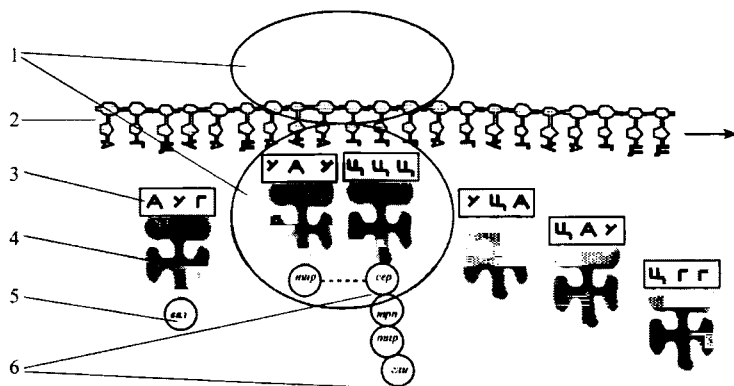


Рис. 35. Схема трансляции:

- 1 – рибосома; 2 – матричная РНК; 3 – антикондон транспортной РНК; 4 – транспортная РНК; 5 – аминокислота, прикрепившаяся к транспортной РНК; 6 – образующаяся из аминокислот макромолекула белка

Он осуществляется в специальных клеточных структурах – рибосомах. Нужные аминокислоты приносят в рибосомы специальные молекулы – транспортные РНК. Так как считывание генетической информации осуществляется триплетами – тройками нуклеотидов, то существуют и комплементарные пары триплетов нуклеотидов, построенные на комплементарности азотистых основа-

ний нуклеотидов. Каждому триплету – кодону – матричной (информационной) РНК найдется комплементарный триплет – антикодон – транспортной РНК. Таким образом, точность передачи генетической информации на белковую молекулу обеспечивает кодон-антикодонное взаимодействие матричной РНК с транспортными РНК – в соответствии с принципом комплементарности.

Трансляция – перевод с «нуклеотидного» языка генов на «аминокислотный» язык белков осуществляется с помощью генетического кода, который ставит в соответствие последовательности нуклеотидов гена определенную последовательность аминокислот в синтезируемой белке (рис. 36).

		Второй нуклеотид триплета ДНК					
		Т	Ц	А	Г		
Первый нуклеотид триплета ДНК	Т	Фен	Сер	Тир	Цис	Т	
		Фен	Сер	Тир	Цис	Ц	
		Лей	Сер	СТОП	СТОП	А	
		Лей	Сер	СТОП	Три	Г	
	Ц	Лей	Про	Гис	Арг	Т	
		Лей	Про	Гис	Арг	Ц	
		Лей	Про	Гли	Арг	А	
		Лей	Про	Гли	Арг	Г	
	А	Иле	Три	Асп	Сер	Т	
		Иле	Три	Асп	Сер	Ц	
		Иле	Три	Лиз	Арг	А	
		Мет	Три	Лиз	Арг	Г	
Г	Вал	Ала	Асп	Гли	Т		
	Вал	Ала	Асп	Гли	Ц		
	Вал	Ала	Глу	Гли	А		
	Вал	Ала	Глу	Гли	Г		

Рис. 36. Таблица генетического кода (триплеты ТАА, ТАГ и ТГА – это команда закончить сборку макромолекулы белка)

Главное свойство генетического кода – его триплетность, т. к. каждая тройка нуклеотидов (триплет или кодон) строго соответствует одной аминокислоте или обозначает прерывание синтеза белковой молекулы. Прерывание синтеза белковой молекулы кодируется тремя кодонами. Другое не менее важное свойство генетического кода – вырожденность, т. к. многим аминокислотам соответствует не один, а несколько триплетов (кодонов). Очень важное свойство генетического кода – его специфичность (однозначность), т. к. один триплет

(кодон) всегда кодирует только одну аминокислоту. Генетический код универсален – он один для всех обитателей планеты Земля. Универсальность генетического кода вместе со сходством аминокислотного состава всех белков и нуклеотидного состава всех ДНК и РНК свидетельствует в пользу биохимического единства живой материи.

Биохимические процессы репликации (редупликации), транскрипции и трансляции в живом теле определенным образом организованы во времени и пространстве, согласованы между собой и образуют целостную, тончайше отрегулированную молекулярную систему самовоспроизведения, сложившуюся в результате длительной эволюции как одна из основополагающих (базовых) жизненных систем.

Вопросы для самоконтроля

- Как следует понимать самовоспроизведение живых тел?
- Почему самовоспроизведение является одним из главных отличительных свойств всего живого, но не единственным?
- Какие биохимические процессы лежат в основе самовоспроизведения?
- Каким природным информационным биополимерным макромолекулам принадлежит ключевая роль в самовоспроизведении?
- Как называются мономеры ДНК и РНК, каков их состав?
- Охарактеризуйте структуру ДНК и РНК. Что в структуре этих макромолекул есть общего, отличительного?
- Что является материальным носителем наследственной, или генетической информации?
- Почему информацию называют наследственной, генетической, в чем ее значение для организма?
- Что является единицей наследственной, или генетической информации?
- Какую информацию хранит ген?
- Охарактеризуйте функции ДНК и РНК.
- Как следует понимать репликацию (редупликацию)? Как она происходит?

- Охарактеризуйте комплементарность азотистых оснований, цепей ДНК.
- В чем значение репликации (редупликации) ДНК?
- Как следует понимать транскрипцию? Как она происходит?
- Почему одну из разновидностей РНК называют матричной или информационной?
- Как следует понимать трансляцию? Как она происходит?
- Как следует понимать триплет, триплетный характер и комплементарность кодон-антикодонного взаимодействия?
 - Почему одну из разновидностей РНК называют транспортной?
 - Как следует понимать генетический код, каковы его свойства, значение?
 - Как следует понимать систему самовоспроизведения материальных основ жизни, как она возникла, почему она является одной из целостных основополагающих (базовых) жизненных систем?

3.3. Концепция однократного абиогенного происхождения живого

– о возникновении живой материи, а также об абиогенном образовании рибонуклеотидов и РНК, РНК-содержащих гиперциклов и протобионтов как ключевых моментах этого процесса

Представления о возможности закономерного однократного возникновения живой материи из неживой материи формировались благодаря теоретическим работам, в первую очередь, таких ученых, как советский биохимик Александр Иванович Опáрин и британский биолог, философ науки и популяризатор науки Джон Бёрдон Сáндерсон Хóлдейн (20-е гг. XX в.), американский ученый Карл Ричард Вёзе (1968 г.), американские физик, биохимик и молекулярный биолог Уóлтер Гíлберт и химик Рóберт Шапíро (1986 г.). Они в определенной степени сохраняют свою актуальность и не утратили не только своей научной, но и культурной ценности.

Сейчас не вызывает никакого сомнения, что любое живое тело появляется только от другого живого тела (с участием еще одного живого тела или же без него) в результате того или иного способа размножения. То, что живые тела не могут просто так, запросто, в каких бы то ни было условиях появляться из не-

живого, например, из речного ила, грязи, мусора, навоза, мяса, подтверждено многочисленными экспериментами (таких ученых, как, например, итальянский врач, ученый-натуралист, поэт, литератор, лингвист, историк XVII в. Франческо Рэди, итальянский ученый-натуралист и священник XVIII в. Ладзэро Спалланцэни, французский микробиолог и химик XIX в. Луи Пастёр).

Но изначально живая материя вполне могла возникнуть самопроизвольно, естественным образом из неживой материи, абиогенно, т. е. в отсутствие каких-либо форм жизни, но не в любое время, далеко не запросто, а только лишь при соответствующих условиях, однократно. И это не одномоментный акт, а длительный, требующий сотен миллионов лет, постепенный, многоступенчатый процесс. Живая материя действительно имеет свои корни в неживой природе, с которой неотрывно связана физически и химически. Все живые тела образованы из атомов химических элементов, ядер и элементарных частиц, которые обыкновенно содержатся и в неживой природе, живые системы изначально нуждаются в усвоении веществ и электромагнитного поля неживой природы, способны к гравитационному и электромагнитному взаимодействиям.

Появлению живой материи, конечно, предшествовал длительный период химической эволюции, в результате которой появились и развивались открытые каталитические системы и как линейные, и как разветвленные, и как циклические. Можно сказать, что эти еще химические структурно-упорядоченные образования уже обладали неким прообразом обмена веществ (метаболизма), осуществляли примитивное подобие метаболических циклов. Но именно они и могли создать необходимые условия для перехода неживой материи к живой материи.

В предположительном сценарии перехода от неживого к живому можно выделить три ключевых момента:

- химический (абиогенный, т.е. в отсутствие каких-либо форм жизни) синтез рибонуклеотидов и РНК;
- образование РНК-содержащих гиперциклов;

- образование протобионтов.

Ключевая роль в переходе химических систем к биологическим (живым) принадлежит РНК, которые должны образоваться химическим путем (абиогенно, т.е. в отсутствие каких-либо форм жизни) из рибонуклеотидов, которые предварительно должны были образоваться тоже абиогенно из более простых органических веществ.

То, что такие сложные органические вещества, как азотистые основания и рибоза, являющиеся составными компонентами рибонуклеотидов, могут образоваться путем химических реакций (абиогенно, т. е. в отсутствие каких-либо форм жизни) подтверждено экспериментально. Так, испанский биохимик Жуан Орó, повторяя в 1959–1962 гг. эксперименты таких ученых, как американские химик Стэнли Ллойд Миллер и физик и физикохимик Гарольд Клейтон Юри, доказавших возможность химического (абиогенного) синтеза аминокислот из неорганических веществ, показал, что пропускание сквозь нагретую до 100 °С смесь аммиака, синильной кислоты и паров воды электрических разрядов приводит к образованию аденина – одного из азотистых оснований, а также рибозы. Причем кислород в свободном виде для этих реакций не нужен, условия должны быть бескислородными, анаэробными. Азотистые основания, а также аминокислоты обнаружены в углистых (богатых углеродом) метеоритах, образовавшихся без участия живых организмов в анаэробных условиях космоса.

Возможность образования путем химических реакций (абиогенно) рибонуклеотидов из простых органических соединений и фосфорной кислоты также находит экспериментальное подтверждение. Например, в 2009 г. британский химик Джон Сазерленд получил цитозильный и урациловый рибонуклеотиды из простейших углеводов гликольальдегида и глицеральдегида, простейших азотистых соединений цианоацетилена и цианамиды, а также фосфорной кислоты. На определенных этапах требовалось нагревание. А дополнительное облучение ультрафиолетовыми лучами повышало выход нужных конечных продуктов, т. к.

оказалось, что цитозильный и урациловый рибонуклеотиды по сравнению с другими продуктами устойчивы к ультрафиолетовым лучам.

А возможность получения из монорибонуклеотидов химическим путем (абиогенно) одноцепочечных олигорибонуклеотидов, подобных фрагментам макромолекул РНК, впервые экспериментально доказал британский химик-органик Александр Робертус Тодд в 1955 году. Между прочим возможность получения из свободных аминокислот химическим путем (абиогенно) олигопептидов, подобных фрагментам белковых макромолекул, впервые экспериментально доказал германский химик Эмиль Герман Фишер еще в 1907 году. Примечательно, что получение олигорибонуклеотидов и олигопептидов также не нуждается в свободном кислороде.

Благодаря абиогенно появившимся РНК могли уже возникнуть и РНК-содержащие гиперциклы, в которых ансамбли макромолекул РНК способны были и к катализу в виде рибозимов, и к самовоспроизведению (самокопированию, самореплицированию) в виде репликаторов. Способность ряда РНК к катализу, из-за чего их и называли рибозимами, была экспериментально доказана в начале 1980-х гг. такими учеными, как американский молекулярный биолог Томас Роберт Чек и канадский молекулярный биолог Сидней Олтмен. Таким образом, макромолекулы РНК могли существовать полностью автономно, катализируя химические реакции, в т. ч. и синтез новых рибонуклеотидов, и самовоспроизводясь, сохраняя со временем свои каталитические свойства. Накопление и закрепление благодаря естественному отбору полезных изменений в РНК из огромного их количества, имеющих изначально случайный, ненаправленный характер, в ходе химической эволюции могло привести к появлению РНК, катализирующих синтез белковых макромолекул, оказавшимися более эффективными катализаторами. Способность искусственных самокопирующихся макромолекул рибозимов к эволюции (еще на химическом уровне организации материи), т. е. к направленному самосовершенствованию в соответствии с внешними

условиями путем случайных изменений и отбора наиболее эффективных вариантов, экспериментально доказана в 2008 г. такими учеными, как американские биолог Джеральд Фрэнсис Джойс и химик Брайан Мэттью Пегель. А с другой стороны, способность РНК к самоудвоению и созданию двойной цепочки могла привести к появлению ДНК как более надежной информационной макромолекулы для хранения специфической информации о последовательностях аминокислот в белках и рибонуклеотидов в РНК. При этом рибоза трансформировалась в дезоксирибозу, а место урацила занял тимин. Получается, что РНК со временем осталась посредником между ДНК и белками, участвуя в синтезе белковых макромолекул и в виде матрицы информационной или матричной РНК, и в виде рибозима рибосомальной РНК, и в виде поставщика аминокислот транспортной РНК. Но все же РНК смогла сохранить свою функцию хранения генетической информации у ряда современных вирусов (РНК-содержащих), а свои каталитические свойства, например, в составе рибосом.

РНК-белковые, а затем ДНК-РНК-белковые комплексы имели в воде вид своеобразных ступков. Смешивая высокомолекулярные органические соединения (например, белки, в т. ч. обладающие ферментативной активностью, полисахариды, жирные кислоты) в воде, можно наблюдать явление коацервации: самопроизвольное формирование своеобразных ступков органики – коацерватных капель, или коацерватов. РНК-белковые, а затем ДНК-РНК-белковые комплексы уже обладали аналогами и обмена веществ (метаболизма), и самовоспроизведения, имея для этого соответствующие структуры, хотя еще и очень примитивные. Но любое живое тело не зря называют особью, потому что оно обособлено, отделено от внешней среды, в т. ч. от других подобных живых тел, полупроницаемой плазматической мембраной (плазмалеммой), имея клеточное строение. Следовательно, чтобы РНК-белковые или ДНК-РНК-белковые комплексы стали действительно пусть еще примитивными живыми организмами в виде особей, они должны приобрести клеточную структуру благодаря отделе-

нию содержимого от внешней среды полупроницаемой плазматической мембраной. И самовоспроизведение должно касаться не только ДНК, РНК, белков или гиперцикла, а целостной особи. Образование элементарной двухслойной мембраны из молекул, один конец которых обладает гидрофильными, а другой – гидрофобными свойствами (например, из липидов, жирных кислот или спиртов) известно и у коацерватов, если добавить в воду необходимые вещества. Совершенствование наружной мембраны, становящейся более сложной белково-липидной, не только надежно отделяющей содержимое клетки от внешней среды, но еще и благодаря полупроницаемости осуществляющей избирательный перенос молекул как внутрь, так и наружу, а кроме того, и формирование завершения процесса самовоспроизведения делением одноклеточной особи хотя бы на две, и привело к появлению протобионтов – первичных живых тел. Любой протобионт, обладая клеточной структурой, уже характеризовался наличием двух обязательных жизненных систем: системы обмена веществ (метаболизма) и системы самовоспроизведения.

Изначально вполне могло возникнуть какое-то множество различающихся протобионтов, которые эволюционировали по-своему. Но все они были примитивными одноклеточными организмами с прокариотической (безъядерной) клеткой. В связи с тем, что во внешняя среда насыщена избытком разнообразных органических веществ, накопленных благодаря еще химическим процессам, протобионты существовали как гетеротрофные организмы, т. е. питающиеся готовой органикой. А так как отсутствовал кислород в свободном виде, протобионты были анаэробными, т. е. не нуждающимися в кислороде для дыхания.

В процессе уже биологической эволюции выжили те формы жизни, которые берут начало от одного протобионта, т. к. они оказались наиболее эффективными и конкурентоспособными. Формы жизни, берущие начало от других протобионтов, скорее всего вымерли. В пользу родственности и единства происхождения всех известных форм жизни неопровержимо свидетельствует общ-

ность их химического состава, левизны стереоизомеров аминокислот и правизны стереоизомеров моносахаров и их производных, строения белков и нуклеиновых кислот, общего плана обмена веществ (метаболизма), генетического кода, механизмов хранения и передачи генетической информации и синтеза белков, механизмов наследственности и изменчивости живых тел. В пользу того, что могли быть и другие протобионты, свидетельствует хотя бы то, что у митохондрий, содержащих свою ДНК, имеется несколько отличающийся генетический код. А по одной из версий митохондрии до внедрения в эукариотическую клетку жили как вполне самостоятельные живые тела.

Таким образом, эволюционирующая неживая материя вполне могла породить продолжающую эволюционировать живую материю. При этом химическая эволюция перешла в биологическую.

Вопросы для самоконтроля

- Могут ли живые тела просто так, запросто, в каких бы то ни было условиях появляться из неживого, например, из речного ила, грязи, мусора, навоза, мяса? Есть ли эксперименты, подтверждающие или опровергающие это?
- Могла ли в принципе живая материя появиться из неживой материи, хотя бы однократно? Какие имеются косвенные подтверждения?
- Что могло предшествовать появлению живой материи, из чего могли сформироваться живые тела?
- Перечислите три ключевых момента в предположительном сценарии перехода от неживого к живому.
- Каким макромолекулам принадлежит ключевая роль в переходе химических систем к биологическим (живым)?
- Имеются ли экспериментальные доказательства того, что азотистые основания, рибоза, аминокислоты, рибонуклеотиды, а также олигорибонуклеотиды и олигопептиды могли возникнуть абиогенно (в отсутствии живых организмов, химическим путем)? Нужен ли для этого свободный кислород?
- Способны ли абиогенно возникшие РНК к катализу и самовоспроизведению в отсутствие белков? Имеются ли экспериментальные подтверждения?

- Какую роль могли играть РНК в гиперциклах?
- Способны ли самокопирующиеся рибозимы к эволюции? Есть ли экспериментальные подтверждения?
- Почему функция хранения наследственной (генетической) информации со временем перешла в основном от РНК к ДНК, а функция биокатализа – от РНК к ферментам? Сохранилась ли у РНК каких-то современных форм жизни функция хранения наследственной (генетической) информации и каталитическая функция?
- Как следует понимать коацервацию и коацерват? Какое отношение это имеет к РНК-белковым и ДНК-РНК-белковым комплексам?
- Что еще должно было появиться у РНК-белковых или ДНК-РНК-белковых комплексов, чтобы их можно было бы назвать особями?
- Как следует понимать протобионт? Какие обязательные две жизненные системы должны были в нем объединиться?
- Какими протобионты были в структурном плане, как они питались, нуждались ли в свободном кислороде для дыхания?
- Что неопровержимо свидетельствует в пользу родственности и единства происхождения всех известных форм жизни? А что свидетельствует в пользу того, что изначально могли появиться разные протобионты?

3.4. Концепция биологической эволюции

- *о развитии живой материи, связанном с вымиранием и появлением форм жизни;*
- *о самопроизвольности, направленности и необратимости процесса биологической эволюции;*
- *об эволюционных рядах;*
- *о дивергентном характере эволюционного процесса;*
- *о невозможности воссоздания всего хода эволюционных изменений;*
- *об единице биологической эволюции, элементарном эволюционном процессе и первичном эволюционном материале;*
- *о главных или ведущих факторах биологической эволюции, ее движущей силе;*

– об основных формах естественного отбора;

– об отсутствии целенаправленного биологического эволюции

Представления о биологической эволюции, ее закономерностях и механизме формировались благодаря теоретическим работам, в первую очередь, таких ученых, как британские ученый-натуралист и путешественник Чарлз Роберт Дарвин и ученый-натуралист и писатель Алфред Рассел Уоллес (1858 г.), советский биолог Сергей Сергеевич Четвериков (1926 г.), британский статистик, эволюционный биолог и генетик Рональд Эйлмер Фишер (1930 г.), американский генетик, эволюционный биолог и статистик Сьюэл Грин Райт (1931 г.), советский генетик Николай Петрович Дубинин (1931 г.), британский биолог, философ науки и популяризатор науки Джон Бёрдон Сандерсон Холдейн (1932 г.), советский микробиолог, эколог и эволюционный биолог Георгий Францевич Гаузе (1934 г.), советский биолог Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский (1935 г.), британский биолог, гуманист и политик Джулиан Сорелл Хаксли (1936 г.), советско-американский генетик, энтомолог и эволюционный биолог Феодосий Григорьевич Добржанский (Добжанский) (1937 г.), советский биолог Иван Иванович Шмальгаузен (1939 г.), американский биолог Эрнст Вальтер Майр (1942 г.), советско-российский ботаник и эволюционный биолог Армен Леонидович Тахтаджян (1943 г.), американский палеонтолог и эволюционный биолог Джордж Гайлорд Симпсон (1944 г.), немецкий зоолог, теоретик систематики и эволюционный биолог Бэрнхард Рени (1947 г.), американский биолог Джордж Ледьярд Стэббинс (1950 г.). Они в определенной степени сохраняют свою актуальность и не утратили не только своей научной, но и культурной ценности.

Под биологической эволюцией понимают самопроизвольный, направленный и необратимый процесс развития живой материи, сопровождающийся постоянным вымиранием одних, уже существующих форм жизни, и появлением других, новых форм жизни, в т. ч. пришедшим на смену вымершим.

Самопроизвольность биологической эволюции означает, что этот процесс происходит сам собой, естественным образом, без участия каких-то неестественных или сверхъестественных сил, Творца.

Направленность биологической эволюции означает своеобразную канализованность эволюционного процесса от одной формы жизни к другой: для какой-либо новой формы жизни можно найти предковую форму жизни, которая дала ей начало, и наоборот, для какой-либо предковой формы жизни можно найти новую форму жизни, которая из нее возникла. При этом всегда предковая форма жизни существовала раньше возникшей из нее новой формы жизни, предковая форма жизни всегда древнее возникшей из нее новой формы жизни. Например, ископаемые остатки современных лошадей (представителей рода Лошади) обнаруживаются в горных породах возрастом не старше примерно 1–2 млн. лет, в то время как ископаемые остатки ее непосредственного предка (представителей рода Плиогиппусы) обнаруживаются в горных породах и более старшего возраста – примерно до 5 млн. лет, ископаемые остатки предшествующей плиогиппусам предковой формы (представителей рода Протогиппусы) обнаруживаются до 7 млн. лет назад, ископаемые остатки предшествующей протогиппусам предковой формы (представителей рода Диногиппусы) обнаруживаются до 12 млн. лет назад, ископаемые остатки предшествующей диногиппусам предковой формы (представителей рода Мерикгиппусы) обнаруживаются до 20 млн. лет назад, ископаемые остатки предшествующей мерикгиппусам предковой формы (представителей рода Парагиппусы) обнаруживаются до 23 млн. лет назад, ископаемые остатки предшествующей парагиппусам предковой формы (представителей рода Миогиппусы) обнаруживаются до 35 млн. лет назад, ископаемые остатки предшествующей миогиппусам предковой формы (представителей рода Мезогиппусы) обнаруживаются до 40 млн. лет назад, ископаемые остатки предшествующей мезогиппусам предковой формы (представителей рода Эпигиппусы) обнаруживаются до 45–47 млн. лет назад, ископаемые остатки предшествующей эпигиппусам предковой формы (пред-

ставителей рода Орогиппусы) обнаруживаются до 50–52 млн. лет назад, ископаемые остатки предшествующей орогиппусам предковой формы (представителей рода Гиракотерии или Эогиппусы) обнаруживаются до 55 млн. лет назад. Или другой пример. Ископаемые остатки современного вида Человек разумный обнаруживаются в горных породах возрастом не старше примерно 196 тыс. лет, в то время как ископаемые остатки его непосредственного предкового вида Человек-предшественник (Человек предшествующий) в горных породах и более старшего возраста – примерно до 1,2 млн. лет, ископаемые остатки его предкового вида Человек прямоходящий – до 1,8 млн. лет назад, ископаемые остатки его предкового вида Человек рудольфский – до 2,5 млн. лет назад, ископаемые остатки его предкового вида Человек умелый – до 2,6 млн. лет назад, ископаемые остатки его предкового вида Австралопитек гари – до 2,6 млн. лет назад, ископаемые остатки его предкового вида Австралопитек афарский – до 4 млн. лет назад, ископаемые остатки его предкового вида Австралопитек анамензис – до 4,2 млн. лет назад, ископаемые остатки его предкового вида Ардипитек рамидус – до 4,4 млн. лет назад, ископаемые остатки его предкового вида Ардипитек кадабба – до 5,8 млн. лет назад. Таким образом, благодаря канализованности биологической эволюции возникают своеобразные эволюционные ряды (видов, родов или других надорганизменных систем), показывающие в каком направлении, а также через какие переходные (промежуточные) формы, шло историческое развитие той или иной формы жизни. Например, развитие от вымершего рода Гиракотерии (Эогиппусы) до живущего сейчас рода Лошади шло направленно через следующие промежуточные формы: род Орогиппусы, род Эпигиппусы, род Мезогиппусы, род Миогиппусы, род Парогиппусы, род Меригиппусы, род Протогиппусы, род Диногиппусы, род Плиогиппусы. При этом наблюдается постепенный переход, например, от трех-четырепалых конечностей к однопалым, а также от низкоронковых зубов к длиннокоронковым. А развитие от вымершего вида Ардипитек кадабба до живущего сейчас вида Человек разумный шло направленно через следующие промежу-

точные формы: вид Ардипитек рамидус, вид Австралопитек анамензис, вид Австралопитек афарский, вид Австралопитек гари, вид Человек умелый, вид Человек рудольфский, вид Человек прямоходящий и вид Человек-предшественник. При этом наблюдается постепенное, например, увеличение черепной коробки и формирование подбородочного выступа, уменьшение скошенности лба и размеров надбровных дуг. Причем биологическая эволюция при видимой своей направленности, канализованности имеет и дивергентный характер, связанный с расхождением признаков у первоначально близких групп организмов. Это означает, что любая новая форма жизни сформировалась из единственно возможной предковой формы жизни, но любая предковая форма жизни может дать две и более родственных новых форм жизни, до целого веера новых эволюционных направлений. Например, дивергенция предкового рода Миогиппусы привела к появлению новых родственных родов Анхитериумы, Гипогиппусы, Археогиппусы, Калобатиппусы и Парагиппусы. Дивергенция предковой формы (одного из видов плиогиппусов), давшей начало роду Лошади, привела к появлению множества видов внутри этого рода (Дикая лошадь, Кианг, Кулан, Дикая осел, Горная зебра, Пустынная зебра, Бурчеллова зебра). Благодаря дивергенции вид Дикая лошадь разделился на ряд подвидов: Тарпан, Лошадь Пржевальского, Лошадь домашняя, Якутская лошадь. Так, путем соединения различных эволюционных рядов с учетом дивергенции выстраивается общая древовидная иерархическая схема в виде эволюционного дерева, отражающего последовательность расхождения эволюционных линий от общего корня, т. е. от общей предковой формы жизни.

Необратимость биологической эволюции означает, что этот процесс, так же как и время, не может пойти в обратном направлении, вспять: новая форма жизни не может породить свою же предковую форму, из которой она возникла, но она может стать предковой формой жизни для новых форм жизни. И если вдруг какая-либо новая форма жизни окажется очень похожа на одну из предковых форм жизни, это не будет означать, что живая природа стала эволюциони-

ровать в обратном направлении: предковая форма жизни появилась гораздо раньше, а новая форма жизни, даже и очень похожая на нее, появилась гораздо позже и является хотя и похожей, но принципиально другой формой жизни. Например, дельфины и киты вторично освоили водную среду и стали очень похожими на акул. Но это вовсе не доказывает, что эволюция пошла вспять от млекопитающих, к которым относятся дельфины и киты, к рыбам, к которым относятся акулы: дельфины и киты, несмотря на сходство с рыбами, остаются более организованными млекопитающими.

Несмотря на то, что имеется множество палеонтологических, эмбриологических, морфологических и других доказательств биологической эволюции, полностью воссоздать весь ход эволюционных изменений живой материи невозможно. Это связано с тем, что, например, палеонтологическая летопись в виде обнаруживаемых в горных породах каких-либо ископаемых остатков, или следов, былой жизнедеятельности (например, останков, окаменелостей, отпечатков), в т. ч. вымерших форм жизни, в сопоставлении со шкалой хода времени далеко не полная по таким простым причинам, что, во-первых, раскопки возможно производить ограниченно, а во-вторых, далеко не все вымершие формы жизни дошли до нас в виде каких-либо ископаемых остатков: они разрушаются современными формами жизни, геологическими процессами. Также и развитие эмбриона (зародыша) повторяет эволюцию предшествовавших форм жизни вкратце, не полностью, только лишь в каких-то основных чертах. Сравнительный анализ внешнего и внутреннего строения современных форм жизни может указывать только лишь на родство и возможность общего предка, но не может показать во всех деталях, как шло развитие. Например, левая дуга аорты млекопитающих и правая дуга аорты птиц, говорят об отсутствии между ними родства и отсутствии у них общих корней: они не могли произойти друг от друга. А вот у пресмыкающихся имеется и правая, и левая дуги аорты, и они могут иметь общие корни и с птицами, и с млекопитающими, обитавшие еще до появления и

птиц, и млекопитающих, пресмыкающиеся вполне могли быть предковыми формами и тех, и других. Но каким образом происходила редукция правой или левой дуги аорты древних пресмыкающихся, породивших и птиц, и млекопитающих, морфологический анализ современных форм жизни показать не может.

Биологическая эволюция начинается в рамках популяции, под которой понимают исторически сложившуюся самообновляемую (благодаря свободному скрещиванию) систему особей одного и того же вида, имеющих общее происхождение, обитающих в общем пространстве с относительно однородными условиями, выполняющих одну и ту же функцию, относительно изолированную от других популяций этого же вида со снижением возможности скрещивания. Популяцию рассматривают в виде единицы биологической эволюции, т. е. наименьшей биологической системы, в рамках которой начинается эволюция. Любая популяция обладает своим генофондом, под которым понимают систему всех генных вариаций, имеющихся в популяции (качественный состав и численное соотношение). В связи с тем, что популяция представлена особями, то и гены, образующие генофонд популяции, распределены во всех особях, формируя индивидуальные генотипы как системы генов отдельно взятых особей. В том случае, если особи популяции размножаются бесполом способом, то все особи являются клонами, т. е. копиями, друг друга по генотипу. И генофонд популяции остается со временем неизменным. Но даже в случае размножения половым способом, когда благодаря формированию гамет (половых клеток) и их попарному слиянию (оплодотворению) происходит рекомбинация полученных от двух родительских особей генов, генофонд популяции существенно не изменяется со временем, т. к. при этом сохраняется соотношение долей генных вариаций в генофонде. А для того, чтобы биологическая эволюция началась, необходимо изменение генофонда популяции, под которым понимают элементарный эволюционный процесс. Такой динамичный, все время изменяющийся генофонд популяции будет служить первичным эволюционным материалом.

Существенно изменять генофонд популяции способна наследуемая мутационная изменчивость, характеризующаяся появлением мутаций (повреждений генетического материала) в клетках, участвующих в размножении. Различают спонтанные мутации, возникающие без видимых воздействий, как случайные ошибки в системе самовоспроизведения, а также индуцированные мутации, возникающие под воздействием мутагенных факторов, или мутагенов (физической, химической или биологической природы). Причем один и тот же мутагенный фактор может вызвать целый спектр разных мутаций. Именно наследуемые мутации как случайные изменения генетического материала, передающиеся по наследству, способны привести к изменению генофонда популяции. В связи с тем, что без наследуемых мутаций биологической эволюции быть не может, наследуемую мутационную изменчивость рассматривают в качестве одного из главных или ведущих факторов биологической эволюции.

Случайным образом возникшие наследуемые мутации, проявившись в фенотипе (индивидуальном наборе структурных и функциональных признаков), чаще всего наносят вред особям, снижая их адаптационные (приспособительные) возможности к условиям обитания, из-за чего особи, если не погибают сразу, то в той или иной степени угнетены. Очень редко проявившись в фенотипе наследуемые мутации оказываются полезными особям, повышая их адаптационные возможности к условиям обитания, способствуя их успешной жизнедеятельности. Но если у особей появляется потомство, то ему удастся передать и имеющиеся у них хорошие или не очень хорошие, а также еще не проявившиеся в фенотипе мутации. В таком случае наследуемые мутации закрепляются в генофонде популяции. Причем гибель особей без оставления потомства, а такое тоже возможно, приводит к тому, что с погибшими особями удаляются из генофонда и соответствующие гены, в т. ч. измененные вследствие мутаций.

Итак, в генофонде популяции возникают спонтанные или индуцированные мутагенами наследуемые мутации, изменяя фенотипы особей, тем самым

изменяя все время разнообразие особей в популяции, среди которых могут быть и лучше, и хуже адаптированные к условиям обитания, которые, в свою очередь, тоже все время изменяются. В результате такого взаимодействия популяции с условиями своего обитания неприспособленные рано или поздно погибают, не оставив потомства, а приспособленные размножаются, передавая потомству свои удачные гены, в том числе и измененные вследствие мутаций. Такое явление называют естественным отбором, который считают не только одним из главных или ведущих факторов биологической эволюции, но еще и ее движущей силой, т. к. именно он определяет направление эволюционного процесса. Наследуемые мутации обеспечивают первичный эволюционный материал, но они возникают случайным образом, изменяя динамичный генофонд популяции в разных направлениях. А вот естественный отбор уже определяет направление эволюционного процесса, т. к. эволюция движется в направлении успешно выживающих, т. е. адаптированных особей. И этот естественный отбор происходит сам собой, естественным образом. Таким образом, биологическая эволюция сочетает в себе случайность наследуемой мутационной изменчивости и необходимую закономерность выживания с оставлением потомства адаптированных.

Естественный отбор может привести к появлению новых популяций, видов и других форм жизни, а может и не привести к этому. Все зависит от того, как изменяются условия обитания. Например, снижение разнообразия условий обитания позволяет выживать среднему большинству особей популяции, отсекая сильно отклоняющиеся от среднего большинства особи, удаляя из генофонда большую часть появляющихся мутаций. Так проявляет себя стабилизирующий отбор. Благодаря стабилизирующему отбору длительное время существуют практически без изменений живые ископаемые, например, хвощи более 60 млн. лет, кистеперая рыба латимерия или целакант почти 400 млн. лет, крокодилы более 60 млн. лет. Повышение разнообразия условий обитания позволяет выживать более разнообразным особям, позволяя сохранить в генофонде популяции большее число наследуемых мутаций. Так проявляет себя дестабилизирующий

отбор. Направленное изменение условий обитания позволяет выживать тем особям популяции, которые соответствуют направленно изменяющимся условиям. Тем самым будет наблюдаться направленное изменение особей популяции и направленное изменение ее генофонда. Так проявляет себя движущий отбор. Например, Джон Уильям Гáррисон опубликовал в 1920 г. результаты, которые показывают, что вытеснение берез сосной привело к увеличению в популяции бабочек березовой пяденицы доли темноокрашенных мутантов, в то время как в березовом лесу преобладала обычная светлоокрашенная форма. Причина проста: на светлой коре берез светлоокрашенные бабочки сливались с фоном и оставались незаметными для птиц по сравнению с темноокрашенными мутантами, которые преимущественно и поедались птицами, а на темной коре сосен оставались незаметными для птиц уже темноокрашенные мутанты и их сохранилось больше по сравнению с поедаемыми птицами заметных светлоокрашенных бабочек. Для появления внутри популяции новой популяции, могущей стать новым видом или другой формой жизни, должен проявиться еще один эволюционный фактор из группы главных или ведущих – изоляция. Под изоляцией понимают обособление, отделение части особей популяции от остальных под воздействием изменений в условиях обитания или в жизнедеятельности особей, когда свободное скрещивание становится затрудненным. Тем самым затрудняется обмен генетическим материалом, и целостный генофонд популяции разделяется как минимум на два. В итоге внутри одной изначально целостной популяции постепенно формируется как минимум еще одна популяция, отличающаяся от исходной не только своим генофондом, но и генотипами и фенотипами своих особей. Так проявляет себя дизруптивный (разрывающий) отбор, благодаря которому и проявляется дивергентный характер биологической эволюции.

Таким образом, причиной биологической эволюции, т. е. того, что живая материя в целом исторически сама по себе, естественным образом развивается, самосовершенствуясь и усложняясь, является непостоянство условий обитания.

А возможность биологической эволюции, в т. ч. появления новых популяций, видов и других форм жизни, обеспечивают, в первую очередь, естественная способность особей к наследуемым мутациям, в т. ч. под воздействием внешних мутагенных факторов физической или химической природы, привносящих в генофонд популяции новые наследуемые мутации, возможность изоляции, приводящей к разделению популяции и ее генофонда, а также возможность естественного отбора, определяющего гибель без оставления потомства неадаптированных и выживание с оставлением потомства адаптированных особей, популяций, видов и других надорганизменных систем, а вместе с этим и направление эволюции. По причине того, что условия обитания не могут не изменяться, то биологическая эволюция не может прекратиться. По этой причине живая материя всегда находится на пути к недостижимой гармонии с изменяющимися условиями обитания. Она вынуждена бесконечно адаптироваться к изменяющимся условиям обитания, естественным образом эволюционируя, создавая новые популяции, виды и другие формы жизни. Биологическая эволюция изначально не имеет ни промежуточной, ни конечной цели. Целесообразность форм жизни, их соответствие к условиям обитания, хорошая адаптированность не целенаправлены, не задавались изначально, а возникают потому, что из всего многообразия случайно возникших форм жизни выживают с оставлением потомства особи, лучше других приспособленные к данным условиям, в то время как неприспособленные рано или поздно погибают без оставления потомства.

Вопросы для самоконтроля

- Как следует понимать биологическую эволюцию, ее самопроизвольность, направленность и необратимость? Приведите примеры.
- Как следует понимать дивергентный характер биологической эволюции? Приведите примеры.
- По каким причинам полностью воссоздать весь ход эволюционных изменений живой материи невозможно, несмотря на то, что имеется множество палеонтологических, эмбриоло-

гических, морфологических и других доказательств биологической эволюции? Приведите примеры.

- Охарактеризуйте единицу биологической эволюции, элементарный эволюционный процесс, первичный материал биологической эволюции.

- Охарактеризуйте основные (ведущие) факторы биологической эволюции, ее движущую силу.

- Как возникает направление биологической эволюции?

- Охарактеризуйте формы естественного отбора. Приведите примеры. Какая форма естественного отбора приводит к возникновению новых видов?

- Что является причиной биологической эволюции, а что обеспечивает возможность ее проявления?

- Почему биологическая эволюция не может прекратиться?

- Почему биологическая эволюция изначально не имеет ни промежуточной, ни конечной цели?

3.5. Концепция многоуровневой иерархии биологических систем

Наименьшей, способной в естественных условиях существовать уже не разделяясь на части, биологической (живой) системой является организменная система в виде живого тела (особи, индивида, бионта или организма). И, независимо от сложности своей структурно-функциональной организации, любая отдельно взятая организменная система составляет первый базисный уровень системной организации живой материи, называемый организменным или онтогенетическим. Онтогенетическим этот уровень системной организации живой материи является потому, что практически любая организменная система на протяжении своего индивидуального существования проходит и свое индивидуальное развитие, т. е. онтогенез.

Организменные системы, взаимодействуя между собой как единицы, образуют более сложные и масштабные различные надорганизменные системы, составляющие второй выше расположенный уровень системной организации живой материи, называемый надорганизменным или филогенетическим. Фило-

генетическим этот уровень системной организации живой материи является потому, что надорганизменные системы способны к своему историческому развитию, т. е. филогенезу.

В каждом из этих двух уровней системной организации живой материи (организменном и надорганизменном) можно выделить еще и ряд подуровней системной организации.

Отдельные подуровни организменного (онтогенетического) уровня организации живой материи:

- молекулярных комплексов – подуровень взаимодействия ряда молекул в организменной системе как одного структурно-функционального целого – какого-либо молекулярного комплекса, например, сложного белка гемоглобина (состоящего из четырех субъединиц или протомеров, каждый из которых состоит из полипептида и гема, представляющего собой, в свою очередь, комплекс протопорфирина с двухвалентным железом), комплекса ДНК с белками (при структурировании становящегося хромосомой), комплекса тРНК с аминокислотой;

- субклеточный – подуровень взаимодействия компонентов клеточного органоида как одного структурно-функционального целого – какого-либо клеточного органоида, например, ядра (состоящего из двухмембранной ядерной оболочки и нуклеоплазмы, содержащей хроматин, который может проявляться в виде хромосом, ядрышек), комплекса Гольджи (состоящего из мембранных мешочков или цистерн, а также пузырьков, которые заполнены молекулярным содержимым);

- клеточный – подуровень взаимодействия различных органоидов как одного структурно-функционального целого – клетки;

- тканевый – подуровень взаимодействия клеток, имеющих общее строение, местоположение, происхождение и выполняющих общую функцию, как одного структурно-функционального целого – ткани, например, образовательной растительной, поперечнополосатой сердечной мышечной;

- **органный** – подуровень взаимодействия различных тканей как одного структурно-функционального целого – какого-либо органа, например, корневища, листа, кости, сердца;

- **систем органов** – подуровень взаимодействия различных органов как одного структурно-функционального целого – какой-либо системы органов, например, корневой системы, соцветия, побега, системы органов размножения, системы органов пищеварения;

- **организменный** – подуровень взаимодействия различных элементов (органов, клеток, тканей, органов или систем органов в зависимости от сложности организации) как одного структурно-функционального целого – организма.

Подуровни молекулярных комплексов, субклеточный, тканевый, органный и систем органов существуют неразрывно с организменным подуровнем в виде целостного организма (наименьшей живой системы, способной в естественных условиях существовать не разделимо на части) и выделяются условно. А клеточный подуровень либо также существует неотделимо от колониального и многоклеточного организма и выделяется условно, либо отождествляется с одноклеточным организмом. Тогда одноклеточный организм (одноклеточную организменную систему) можно рассматривать не только в качестве наименьшей вполне самостоятельной структурной и функциональной единицы всего живого, но еще и наиболее просто устроенной, элементарной.

Отдельные подуровни надорганизменного (филогенетического) уровня организации живой материи:

- **популяционный** – подуровень взаимодействия особей (одного и того же вида, имеющих общее происхождение, обитающих в общем пространстве с относительно однородными условиями, выполняющих одну и ту же функцию, свободно скрещивающихся между собой и относительно изолированных от других особей этого же вида со снижением возможности скрещивания) как одного структурно-функционального целого – популяции;

- видовой – подуровень взаимодействия популяций как одного структурно-функционального целого – вида (внутри вида между особями, имеющими общее происхождение, сохраняется способность к скрещиванию не смотря на существующую изоляцию, они могут давать плодовитое потомство в ряду поколений);
- биоценотический – подуровень взаимодействия популяций различных видов как одного структурно-функционального целого – биоценоза или сообщества (исторически сложившейся системы популяций разных видов, имеющих налаженные между собой биотические связи и отношения для совместного обитания);
- живого вещества – подуровень взаимодействия всех биоценозов как одного структурно-функционального целого.

На популяционном и видовом подуровнях организации живой материи взаимодействие соответственно особей или популяций происходит не только в области переработки ресурсов среды, но и в области обмена генетическим материалом с формированием динамики соответствующих генофондов. На подуровнях биоценотическом и живого вещества взаимодействие только ресурсное, обмен генетическим материалом не происходит.

В рассмотренной иерархии уровней системной организации живой материи расположенный выше надорганизменный уровень и структурно, и функционально связан с расположенным ниже организменным уровнем, зависим от него, но он не может быть сведен к нему, т. к. между ними имеются существенные отличия.

В то время как организменные системы возникают (появляются) из одной родительской клетки, группы клеток или части тела (в зависимости от способа размножения), надорганизменные системы складываются из готовых имеющихся частей: организменных систем.

В то время как конечность во времени (смертность) организменных систем определяется как внешними причинами (например, изменением абиотических экологических факторов, атакой хищника, инфицированием), так и внутренними причинами (старением, генетической программой), конечность или

бесконечность во времени (длительность существования) надорганизменных систем определяется исключительно внешними причинами – лимитирующими (ограничивающими) абиотическими экологическими факторами или же внутри-видовой или межвидовой конкуренцией.

В то время как элементы организменной системы ничем заменяться не могут (например, пересадка органов животным и человеку возможна при условии подавления иммунной системы, вызывающей отторжение пересаженного органа; прививка, с помощью которой часть одного растения заставляют жить на другом растении, к данному случаю не подходит), элементы надорганизменной системы взаимозаменяемы (например, одна особь может занять место другой особи в популяции, одна популяция может занять место другой в системе вида, популяция одного вида при схожести экологических требований может занять место популяции другого вида в биоценозе, один биоценоз опять же при схожести экологических требований может занять место другого биоценоза в живом веществе) без особого ущерба для всей надорганизменной системы.

В то время как все элементы организменной системы функционируют, не вредя друг другу, дополняя друг друга, в надорганизменной системе имеют место жесточайшая конкуренция, подавление одним участником другого, прямое уничтожение одним участником другого.

В то время как регуляция одного элемента другим в составе организменной системы может происходить посредством химических соединений, электрических импульсов и т. п., но никогда посредством изменения количества этих элементов, в надорганизменной системе возможна регуляция одного элемента другим посредством изменения количества, например, из-за прямых трофических связей (каннибализма, хищничества).

В то время как максимально и минимально возможные размеры организменной системы определяются, в первую очередь, генетической (наследственной) программой (генотипом), размеры надорганизменных систем определяют

ся только внешними причинами. Например, распространению ареала популяции вороны серой на восток препятствует жесточайшая конкуренция со стороны विकарирующего вида – вороны черной; биоценоз сосняка-беломошника может занимать небольшой участок среди болот, а может простираться на значительные расстояния на территории с относительно однородными абиотическим условиями; распространение живого вещества ограничивают мощное коротковолновое ультрафиолетовое излучение в атмосфере и высокая температура в литосфере планеты Земля.

В то время как онтогенез организменной системы происходит в ходе разветвления унаследованной генетической (наследственной) программы (генотипа) и ее взаимодействия с внешней средой, результатом которого является если не гибель организменной системы, то формирование конкретного, более или менее соответствующего внешней среде (в связи с ограниченностью рамками нормы реакции) фенотипа, филогенез надорганизменной системы происходит в ходе взаимодействия имеющихся и развивающихся элементов с внешней средой, результатом которого является если не гибель всей надорганизменной системы, то ее самосовершенствование (эволюция) в направлении лучшего соответствия условиям внешней среды благодаря гибели без оставления потомства неадаптированных элементов и выживания с оставлением потомства адаптированных, изменяющихся в ходе самовоспроизведения.

В то время как в рамках организменного уровня организации живой материи можно выделить подуровни условно, так как в естественных условиях они не существуют отдельно от организма, подуровни надорганизменного уровня существуют вполне самостоятельно, так как надорганизменные системы складываются из готовых имеющихся частей.

Вопросы для самоконтроля

- Что является наименьшей биологической (живой) системой, способной в естественных условиях существовать не разделяясь на части?

- Каким образом формируется иерархический ряд биологических систем?
- Назовите и охарактеризуйте уровни и подуровни иерархического ряда биологических систем.
 - Что является не только наименьшей вполне самостоятельной структурной и функциональной единицей всего живого, но еще и наиболее просто устроенной, элементарной?
 - Для каких подуровней надорганизменного уровня организации живого характерно взаимодействие не только в области переработки ресурсов среды, но и в области обмена генетическим материалом?
 - Охарактеризуйте существенные отличия надорганизменного (филогенетического) уровня от организменного (онтогенетического) уровня организации живой материи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе рассматривания и осмысления естественной, материальной или объективной части мира (реальности или действительности) сквозь призму основных достижений (в виде научных теорий и учений) современных физики, химии и биологии, составляющих ядро естествознания, проявляются основные современные физические, химические и биологические концепции, образующие соответствующие современные (физическую, химическую и биологическую) картины мира, а в целом – современную естественнонаучную картину мира.

Среди современных физических концепций наибольшее общенаучное и общекультурное значение имеют:

- механическая концепция, раскрывающая сущность вещественного мира на макро- и мегауровнях его организации, закономерности механического движения его объектов в зависимости от выбранной инерциальной системы отсчета, но со скоростями, намного меньшими скорости распространения света в вакууме, а также вероятностный характер долгосрочных прогнозов поведения механических систем;
- электромагнитная концепция, раскрывающая сущность полевого мира на примере электромагнитного поля, полевой механизм передачи взаимодействия воздействующих друг на друга на расстоянии вещественных объектов;
- релятивистская концепция, раскрывающая пространственно-временную сущность материи, зависимость пространственных и временных свойств и массы от выбранной системы отсчета, а также независимость скорости распространения света в вакууме и пространственно-временного интервала от выбора системы отсчета;
- квантовая концепция, раскрывающая общность корпускулярно-волнового дуализма частиц вещества на микроуровне его организации и полей, соотношение неопределенностей и дополнительность корпускулярных и волновых свойств частиц, квантово-полевой механизм передачи взаимодействия

взаимодействующих на расстоянии вещественных объектов, а также сущность физического вакуума;

- концепция многоуровневой иерархии физических систем, раскрывающая многоуровневую иерархию физических систем.

Среди современных химических концепций наибольшее общенаучное и общекультурное значение имеют:

- концепция химического состава индивидуальных веществ, раскрывающая зависимость химических свойств индивидуального вещества от его химического состава, в том числе качественного и количественного элементного состава его молекул, мономерного состава его макромолекул, молекулярного состава его супрамолекулярных ансамблей;

- концепция химической структуры индивидуальных веществ, раскрывающая зависимость химических свойств индивидуального вещества от его структуры, в том числе от аллотропной модификации простого вещества, структурной и пространственной изомерии молекул сложного вещества, структуры макромолекул полимера, структуры супрамолекулярного ансамбля;

- концепция химической реакции, раскрывающая химическое движение вещества, его быстроту, зависимость скорости и направления химической реакции от условий ее протекания, катализ и автокатализ, открытую каталитическую и автокаталитическую системы, сущность гиперцикла, необратимую и обратимую химические реакции и возможность смещения химического равновесия;

- концепция химической эволюции, раскрывающая эволюцию открытых каталитических и автокаталитических систем;

- концепция многоуровневой иерархии химических систем, раскрывающая многоуровневую иерархию химических систем.

Среди современных биологических концепций наибольшее общенаучное и общекультурное значение имеют:

- концепция специфики живого по критерию обмена веществ (метаболизма), раскрывающая обмен веществ (метаболизм) объекта живой природы как один из обязательных критериев его отличия от объекта неживой природы;
- концепция специфики живого по критерию самовоспроизведения, раскрывающая самовоспроизведение объектов живой природы как один из обязательных критериев его отличия от объекта неживой природы;
- концепция однократного абиогенеза, раскрывающая возможность возникновения живых объектов из эволюционирующих химических систем;
- концепция биологической эволюции, раскрывающая эволюцию живой материи и механизм видообразования;
- концепция многоуровневой иерархии биологических систем, раскрывающая многоуровневую иерархию биологических систем.

Таким образом, современная естественнонаучная картина мира в виде наиболее важных концепций современного естествознания показывает, что:

– вечной и вездесущей субстанцией является физический вакуум, способный к движению в виде «квантовой пены», который в возбужденном состоянии способен порождать фундаментальные частицы вещества и полей, с которыми он продолжает взаимодействовать;

– фундаментальные частицы вещества, взаимодействуя с помощью порождаемых ими разнообразных полей на основе квантово-полевого механизма передачи взаимодействия, образуют разнообразные частицы микромира и тела макро- и мегамира организации вещества, которые способны к физическому движению, продолжая взаимодействовать и непосредственно, сталкиваясь (соударяясь), и на расстоянии с помощью порождаемых ими разнообразных полей на основе квантово-полевого механизма передачи взаимодействия;

– атомы химических элементов способны соединяться в молекулы, а молекулы – в макромолекулы полимеров и супрамолекулярные ансамбли, которые

способны к химическому движению благодаря взаимодействию друг с другом с изменением их состава и (или) структуры;

– с приобретением индивидуальными веществами каталитических свойств возникает катализ, формируются элементарные открытые каталитические системы, способные эволюционировать в более сложные линейные, разветвленные и циклические открытые каталитические и автокаталитические системы и гиперциклы;

– абиогенное образование азотистых оснований, рибонуклеотидов и РНК приводит к РНК-, а затем и ДНК-РНК-содержащих гиперциклов, способных и к обмену веществ, и к самовоспроизведению, дальнейшая эволюция которых, связанная с появлением белковых ферментов и клеточной мембраны, вполне могла привести к возникновению протобионтов;

– дальнейшая эволюция протобионтов, связанная с появлением новых форм жизни и отмиранием устаревших форм жизни, привела к увеличению видового разнообразия живой природы;

– появление новых форм жизни связано с процессом видообразования, который начинается в рамках популяции благодаря способности особей к появлению наследуемых мутаций, изменению генофонда популяции и его разделению благодаря возникающей изоляции, а завершается естественным отбором, в результате которого выживают с оставлением потомства приспособленные особи в разных обособленных группах популяции с усилением их дивергенции, а неприспособленные погибают без оставления потомства.

Библиографический список

1. Алфрей, Т. Сополимеризация [Текст] / Т. Алфрей, Дж. Борер, Г. Марк ; пер. с англ. Г. С. Колесникова, А.П. Супрун ; под ред. В. В. Коршака. – М. : Издательство иностранной литературы, 1953. – 265 с.
2. Араго, Ф. Избранные статьи [Текст] : В 2 т. / Ф. Араго. – СПб., 1866.
3. Бернар, К. Курс общей физиологии. Жизненные явления, общие животным и растениям [Текст] : лекции, читанные в Музее Естеств. Истории в Париже / Клод Бернар ; пер. с фр. М. А. Антоновича. – СПб. : И. И. Билибин, 1878. – 318 с.
4. Бертло, П. Э. М. Классические синтезы [Текст] / П. Э. М. Бертло // Успехи химии. – 1939. – Т. 8. – Вып. 5.
5. Бор, Н. Избранные научные труды [Текст] : В 2 т. / Н. Бор. – М. : Наука, 1970, 1971.
6. Бройль де, Л. Волны и кванты [Текст] / Л. де Бройль ; пер. с фр. Н. А. Райской // Успехи физических наук. – 1967. – Т. 93 (9). – С. 178–180.
7. Бройль де, Л. Кванты, кинетическая теория газов и принцип Ферма [Текст] / Л. де Бройль ; пер. с фр. Н. А. Райской // Успехи физических наук. – 1967. – Т. 93 (9). – С. 182–183.
8. Бройль де, Л. Кванты света, дифракция и интерференция [Текст] / Л. де Бройль ; пер. с фр. Н. А. Райской // Успехи физических наук. – 1967. – Т. 93 (9). – С. 180–181.
9. Бройль де, Л. Попытка построения теории световых квантов [Текст] / Л. де Бройль ; пер. с фр. А. М. Бродского // Успехи физических наук. – 1977. – Т. 122 (8). – С. 562–571.
10. Бутлеров, А. М. Сочинения. Т. 2. Введение к полному изучению органических соединений [Текст] / А. М. Бутлеров. – М. : АН СССР, 1953. – 624 с.
11. В память 50-летия учёной деятельности Николая Николаевича Бекетова [Текст]. – Харьков, 1904.
12. Вааге, П. Исследования сил химического сродства [Текст] = Etudes sur les affinités chimiques / П. Вааге, К. М. Гульдберг ; пер. с фр. студ. Всев. Кремянского ; под ред. И. П. Осипова. – Харьков : Тип. Адольфа Дарре, 1892. – 81 с.
13. Вант-Гофф, Я. Х. Расположение атомов в пространстве [Текст] / J. H. van't Hoff ; авториз. пер. с 3-го перераб. нем. изд. Бориса Беркенгейма под ред. Н. Д. Зелинского, Межфакультет. Изд. Комиссия студ-ов Московского Ун-та. – М. : Т-во "Печатня С. П. Яковлева", 1911. – 203 с.
14. Вант-Гофф, Я. Х. Химическое равновесие в системах газов и разведённых растворов [Текст] / Я. Х. Вант-Гофф. – М., 1902.
15. Вернер, А. Новые воззрения в области неорганической химии [Текст] : учеб. пособие / А. Вернер. – 5-е изд., перераб. – Л. : Химтеорет, 1936. – 506 с.
16. Виноградский, С. Н. Об усвоении свободного азота атмосферы микробами [Текст] / С. Н. Виноградский // Архив биологических наук. – 1895. – Т. 3. – Вып. 4. – С. 293–352.
17. Витол, Э. Концепции современного естествознания в вузе [Текст] / Э. Витол // Высшее образование в России. – 1999. – № 4. – С. 30–32.
18. Галилей, Галилео. Избранные труды в двух томах : Т. 2 : Механика. О телах, пребывающих в воде. Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки [Текст] / Галилео Галилей. – М. : Наука, 1964. – 574 с.
19. Гаузе, Г. Ф. Борьба за существование [Текст] / Г. Ф. Гаузе. – М. – Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2002. – 160 с.
20. Гейзенберг, В. Физические принципы квантовой теории [Текст] / В. Гейзенберг. – М. – Л. : ГТТИ, 1932. – 146 с.

21. Гейлорд Н. Линейные и стереорегулярные полимеры. Полимеризация с контролируемым ростом цепи [Текст] / Н. Гейлорд, Г. Ф. Марк ; пер. с англ. ; под ред. А. А. Короткова. – М. : Издательство иностранной литературы, 1962. – 565 с.
22. Герц, Генрих. О действии ультрафиолетового света на разряд электричества [Текст] / Генрих Герц // 50 лет волн Герца / Отв. ред. В. К. Аркадьев. – М. – Л. : АН СССР, 1938. – С. 136.
23. Дальтон, Дж. Сборник избранных работ по атомистике [Текст] : 1802–1810 / Дж. Дальтон ; пер. с англ. под ред. Б. М. Кедрова. – Л. : Госхимиздат, 1940. – 244 с.
24. Дарвин, Чарлз. Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятных рас в борьбе за жизнь [Текст] / Чарлз Дарвин. – 2-е изд., доп. ; пер. с шестого изд. (Лондон, 1872) ; отв. ред. А. Л. Тахтаджян. – СПб. : Наука, 2001. – 568 с.
25. Добровольский, В. В. О преподавании "Концепций современного естествознания" как вузовской учебной дисциплины [Электронный ресурс] / В. В. Добровольский. – 2002. URL: http://libconfs.narod.ru/2002/2s/s2_p8.htm
26. Добровольский, В. В. О преподавании курса "Концепции современного естествознания" в вузах культуры и искусств [Электронный ресурс] / В. В. Добровольский. – 2003. URL: <http://libconfs.narod.ru/2003/s9/dobrovolski.htm>
27. Дубинин, Н. П. Генетико-автоматические процессы и их значение для механизма органической эволюции [Текст] / Н. П. Дубинин // Журнал экспериментальной биологии. – 1931. – Т. 7. – Вып. 5/6. – С. 463–479.
28. Жерар, Ш. Ф. Введение к изучению химии по унитарной системе [Текст] / Ш. Ф. Жерар ; под ред. П. Алексеева. – 2-е изд., испр. – СПб. : Товарищество «Общественная польза», 1865.
29. Кирхгоф, К. С. [Текст] / К. С. Кирхгоф // Технологический журнал, или Собрание сочинений и известий, относящихся до технологии и приложения учиненных в науках открытий к практическому употреблению, издаваемое Императорской Академией Наук. – 1814. – Т. 11.
30. Купер, А. С. О новой химической теории [Текст] / А. С. Купер // Столетие теории химического строения. – М., 1961. – С. 31–45.
31. Лавуазье, А. Л. О горении вообще [Текст] / А. Л. Лавуазье // Успехи химии. – 1943. – Т. XII. – Вып. 5. – С. 368–373.
32. Лавуазье, А. Л. Предварительное рассуждение из "начального учебника химии" [Текст] / А. Л. Лавуазье // Успехи химии. – 1943. – Т. XII. – Вып. 5. – С. 359–367.
33. Лебедев, П. Н. Давление света [Текст] / П. Н. Лебедев ; под ред. П. П. Лазарева и Т. П. Кравца. – М. : Гостехиздат, 1922. – 91 с.
34. Лен, Ж.-М. Супрамолекулярная химия. Концепции и перспективы [Текст] / Ж.-М. Лен. – Новосибирск : Наука, 1998. – 334 с.
35. Ломоносов, М. В. Избранные труды по химии и физике [Текст] / М. В. Ломоносов. – М. : АН СССР, 1961.
36. Лэмб, У. Е. Тонкая структура водородного атома [Текст] / У. Е. Лэмб, Р. К. Ризерфорд ; пер. с англ. // Успехи физических наук. – 1951. – Т. 45. – Вып. 12. – С. 553–615.
37. Майкельсон, А. А. Об относительном движении Земли и светоносного эфира [Текст] / А. А. Майкельсон, Э. В. Морли // Эфирный ветер : сб. ст. / Под ред. В. А. Ацюковского. – М. : Энергоатомиздат, 1993. – С. 41.
38. Максвелл, Дж. К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля [Текст] / Дж. К. Максвелл. – М. : ГИТТЛ, 1952. – 687 с.

39. Мейер, К. Г. Структура высокополимерных органических соединений [Текст] / К. Г. Мейер, Г. Марк ; под ред. Ю. С. Залькинда. – 2-е изд., доп. – Л. : Госхимтехиздат, 1934. – 173 с.
40. Менделеев, Д. И. Собр. соч. Т. 1-25 [Текст] / Д. И. Менделеев. – М. – Л. : Госхимтехиздат : АН СССР, 1934–1954.
41. Ньютон, Исаак. Математические начала натуральной философии [Текст] / Исаак Ньютон ; пер. с латин. А. Н. Крылова. – М. : Наука, 1989. – 688 с.
42. Опарин, А. И. Жизнь, ее природа, происхождение и развитие [Текст] / А. И. Опарин. – 2-е изд., доп. – М. : Наука, 1968. – 173 с.
43. Пастер, Л. Избранные труды в двух томах. Том 2 [Текст] / Л. Пастер ; редакция А. А. Имшенецкого. – М. : АН СССР, 1960. – 836 с.
44. Планк, М. Термодинамика [Текст] / М. Планк. – Л. – М. : ГИЗ, 1925.
45. Пристли, Дж. Избранные сочинения [Текст] / Дж. Пристли ; пер. с англ. Н. Д. Виноградова ; под ред. А. А. Ческиса. – М. : Государственное социально-экономическое издательство, 1934. – 320 с.
46. Руденко, А. П. Естественноисторическое описание прогрессивной химической эволюции и биогенеза и редуционизм [Текст] : АН СССР, Науч. центр. биол. исслед. и др. : препринт / А. П. Руденко. – Пушкино : НЦБИ АН СССР, 1986. – 18 с.
47. Руденко, А. П. Энергетический аспект основных закономерностей, причин и движущих сил химической эволюции элементарных открытых каталитических систем [Текст] : препринт / А. П. Руденко. – Пушкино : НЦБИ АН СССР, 1981. – 13 с.
48. Тахтаджян, А. Л. Морфологическая эволюция покрытосеменных [Текст] / А. Л. Тахтаджян. – М. : МОИП, 1948. – 301 с.
49. Тодд, А. Нуклеиновые кислоты [Текст] / А. Тодд // Перспективы развития органической химии : [сб. ст.] / Под ред. А. Тодда ; пер. с англ. и нем. – М. : Изд-во иностр. лит., 1959.
50. Фарадей, М. Избранные работы по электричеству [Текст] / М. Фарадей ; пер. с англ. под ред. З. А. Цейтлина. – М. – Л. : ГОНТИ, 1939. – 304 с.
51. Холдейн, Д. Б. С. Происхождение жизни [Текст] / Д. Б. С. Холдейн // Планета Земля. – М., 1961. – С. 315–334.
52. Холдейн, Дж. Б. С. Факторы эволюции [Текст] / Дж. Б. С. Холдейн. – М. ; Л. : ГИБМЛ, 1935. – 209 с.
53. Цюпка, В. П. К концепциям современной биологии [Текст и электронный ресурс] / В. П. Цюпка // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 12. – С. 101–102. URL: http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=2346
54. Цюпка, В. П. К пониманию структурности и системности живого, а также его основных структурных (системных) уровней [Текст и электронный ресурс] / В. П. Цюпка // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 1. – С. 38–40. URL: http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=777778
55. Цюпка, В. П. К содержанию концепций современного естествознания [Текст и электронный ресурс] / В. П. Цюпка // Дошкольник и младший школьник в системе современного естественно-математического образования: сб. докл. межрегион. науч.-практ. Интернет-конф., Белгород, 7–20 нояб. 2006 г. – Белгород: Велес, 2007. – С. 94–101. URL: <http://www.bsu.edu.ru/files/Resource/InetConfYoungSchool/Tsjupka.zip>

56.Цюпка, В. П. Концепции современной биологии, составляющие современную биологическую картину мира [Электронный ресурс] / В. П. Цюпка // Научный электронный архив Российской Академии Естествознания : заоч. электрон. науч. конф. «Концепции современного естествознания или естественнонаучная картина мира» URL: <http://econf.rae.ru/article/6324> (размещено: 07.11.2011)

57.Цюпка, В. П. Концепции современной физики, составляющие современную физическую картину мира [Электронный ресурс] / В. П. Цюпка // Научный электронный архив Российской Академии Естествознания : заоч. электрон. науч. конф. «Концепции современного естествознания или естественнонаучная картина мира» URL: <http://econf.rae.ru/article/6315> (размещено: 31.10.2011)

58.Цюпка, В. П. Концепции современной химии, составляющие современную химическую картину мира [Электронный ресурс] / В. П. Цюпка // Научный электронный архив Российской Академии Естествознания : заоч. электрон. науч. конф. «Концепции современного естествознания или естественнонаучная картина мира» URL: <http://econf.rae.ru/article/6323> (размещено: 01.11.2011)

59.Цюпка, В. П. Новый методический подход к преподаванию дисциплины «Концепции современного естествознания» или «Естественнонаучная картина мира» [Электронный ресурс] / В. П. Цюпка // Научный электронный архив Российской Академии Естествознания : заоч. электрон. науч. конф. «Методика преподавания концепций соврем. естествознания или естественнонауч. карт. мира» URL: <http://econf.rae.ru/article/6262> (размещено: 06.10.2011)

60.Цюпка, В. П. О макроскопической ограниченности живой природы как предмета биологии [Текст и электронный ресурс] / В. П. Цюпка // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 12. – С. 68–70. URL: <http://www.rae.ru/use/pdf/2007/12-1/29.pdf>

61.Цюпка, В. П. О формировании картин мира, в том числе научной, естественнонаучной, физической, химической и биологической [Электронный ресурс] / В. П. Цюпка // Научный электронный архив Российской Академии Естествознания : заоч. электрон. науч. конф. «Проблемы формирования карт. мира в сознании» URL: <http://econf.rae.ru/article/6263> (размещено: 06.10.2011)

62.Цюпка, В. П. Структурные (системные) подуровни живого [Текст и электронный ресурс] / В. П. Цюпка // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 1. – С. 40–42. URL: <http://on=content>

63.Четвериков, С. С. О некоторых моментах эволюционного процесса с точки зрения современной генетики [Текст] / С. С. Четвериков // Классики советской генетики. – Л., 1968. – С. 133–170.

64.Шмальгаузен, И. И. Пути и закономерности эволюционного процесса [Текст] / И. И. Шмальгаузен. – М. – Л. : АН СССР, 1939. – 231 с.

65.Шредингер, Э. Избранные труды по квантовой механике [Текст] / Э. Шредингер. – М. : Наука, 1976. – 422 с.

66.Эйген, М. Гиперцикл : Принципы самоорганизации макромолекул [Текст] / М. Эйген, П. Шустер ; пер. с англ. В. М. Андреева ; под ред. М. В. Волькенштейна и Д. С. Чернавского. – М. : Мир, 1982. – 270 с.

67.Эйнштейн, А. Работы по теории относительности [Текст] / А. Эйнштейн. – М. : Амфора, 2008. – 336 с.

68.Яндекс. Словари. [Электронный ресурс] URL: <http://slovari.yandex.ru/>

69. Adolf von Baeyer's Gesammelte Werke [Text] : 2 Bd. / Adolf von Baeyer. – Braunschweig : Friedrich Vieweg, 1905.
70. Altman, S. Catalysis by the RNA subunit of RNase P – a minireview [Text] / S. Altman, M. F. Baer, M. Bartkiewicz, H. Gold // *Gene*. – 1989. – Vol. 82 (1). – P. 63–64.
71. Altmann, Richard. Über Nucleinsäuren [Text] / Richard Altmann // *Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiologische Abteilung*. – Leipzig, 1889. – S. 524–536.
72. Astbury, W. T. X-Ray Studies of Nucleic Acids [Text] / W. T. Astbury // *Symposia of the Society for Experimental Biology*. – 1947. – Vol. 1. – P. 66–76.
73. Avery, Oswald T. Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types [Text] / Oswald T. Avery, Colin M. MacLeod, Maclyn McCarty // *Journal of Experimental Medicine*. – 1944. – Vol. 79. – No 2. – P. 137–158.
74. Beadle, G. W. An introduction to genetics... [Text] / G. W. Beadle, A. H. Sturtevant. – Philadelphia – London, 1939.
75. Beadle, G. W. Genetic Control of Biochemical Reactions in *Neurospora* [Text] / G. W. Beadle, E. L. Tatum // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 1941. – Vol. 27. – No 11. – P. 499–506.
76. Berthollet, C. L. Essai de statique chimique [Text] : 2 vols. / C. L. Berthollet. – Paris : Firmin Didot, 1803.
77. Berthelot, M. Untersuchungen über die Affinitäten. Über Bildung und Zersetzung der Ather [Text] / M. Berthelot, L. Pean de Saint-Gilles ; uebersetzt und herausgegeben von Margarete und Albert Ladenburg. – Leipzig : Verlag W. Engelmann, 1910.
78. Berzelius, J. J. Lehrbuch der Chemie [Text] : [10 bde.] / von J. J. Berzelius ; uebersetzt von F. Woehler. – 3 umgearb. und verm. Original-Aufl. – Dresden : Arnoldische Buchhandlung, 1833–1841.
79. Blackett, P. M. S. Photography of Penetrating Corpuscular Radiation [Text] / P. M. S. Blackett, G. P. S. Occhialini // *Nature*. – 1932. – Vol. 130. – P. 363.
80. Boyle, Robert. The Sceptical Chymist: or Chymico-Physical Doubts & Paradoxes, Touching the Spagyrist's Principles Commonly call'd Hypostatical; As they are wont to be Propos'd and Defended by the Generality of Alchymists. Whereuntois præmis'd Part of another Discourse relating to the same Subject [Text] / Robert Boyle. – London : Printed by J. Cadwell for J. Crooke, and are to be Sold at the Ship in St. Paul's Church-Yard, 1661. – 442 p.
81. Bunsen, R. W. Gesammelte Abhandlungen [Text] : Bd. 1-3 / R. W. Bunsen. – Leipzig, 1904.
82. Buchner, E. Alkoholische Gährung ohne Hefezellen [Text] / E. Buchner // *Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft*. – 1897. – 30. – S. 117–124.
83. Caspersson, T. O. Cell growth and cell function [Text] / T. O. Caspersson. – New York : Norton, 1950. – 185 p.
84. Chargaff, E. Essays on nucleic acids [Text] / E. Chargaff. – Amsterdam – New York – London, 1963.
85. Darwin, Charles ; Wallace, Alfred Russel. On the Tendency of Species to form Varieties; and on the Perpetuation of Varieties and Species by Natural Means of Selection [Text] / Charles Darwin ; Alfred Russel Wallace // *Journal of the Proceedings of the Linnean Society of London. Zoology*. – 1858. – Vol. 3. – Issue 3. – P. 46–50.
86. Davisson, C. J. Diffraction of Electrons by a Crystal of Nickel [Text] / C. J. Davisson, L. H. Germer // *Physical Review*. – 1927. – V. 30. – № 6. – P. 705.

87. Debray, Henri. Cours élémentaire de chimie [Text] / Henri Debray. – Paris, 1863. – 824 p.
88. Delbruck, M. On the mechanism of DNA replication [Text] / M. Delbruck, G. S. Stent // Symposium on the chemical basis of heredity / Ed. W. D. McElroy and B. Gloss. – Baltimore, 1957. – P. 699–736.
89. Dobzhansky, Th. Genetics and the Origin of Species [Text] / Th. Dobzhansky. – 3rd ed. – New York : Columbia University Press., 1951.
90. Dumas, J.-B. Leçons sur la philosophie chimique, professées au Collège de France en 1836 [Text] / J.-B. Dumas. – Paris, 1837. – 352 p.
91. Dyson, F. W. A Determination of the Deflection of Light by the Sun's Gravitational Field, from Observations Made at the Solar eclipse of May 29, 1919 [Text] / F. W. Dyson, A. S. Eddington, C. R. Davidson // Phil. Trans. Roy. Soc. – 1920. – A 220 (571–581). – P. 291–333.
92. Fischer, H. E. Gesammelte Werke [Text] / Bd. 1-6 / H. E. Fischer ; hrsg. von M. Bergmann. – Berlin, 1906–1924.
93. Fisher, Ronald A. The genetical theory of natural selection : a complete variorum edition [Text] / Ronald A. Fisher ; edited by J. H. Bennett. – Oxford : Oxford University Press, 2007. – 318 p.
94. Franklin, R. Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate [Text] / R. Franklin, R. G. Gosling // Nature. – 1953. – Vol. 171. – P. 740–741.
95. Gamow G. A. Possible Relation between Deoxyribonucleic Acid and Protein Structures [Text] / G. A. Gamow // Nature. – 1954. – Vol. 173. – P. 318.
96. Gilbert, W. Origin of life: The RNA world [Text] / W. Gilbert // Nature. – 1986. – Vol. 319 (6055). – P. 618.
97. Griffith, F. The significance of pneumococcal types [Text] / F. Griffith // Journal of Hygiene. – 1928. – Vol. 27. – No 2. – P. 113–159.
98. Harrison, J. W. Heslop. Genetical Studies in the Moths of the Geometrid Genus *Oporabia* (*Oporinia*) with a special Consideration of Melanism in the Lepidoptera [Text] / J. W. Heslop Harrison // Journal of Genetics. – 1920. – Vol. IX. – No 3. – P. 195–280.
99. Hénon M. Generating Families of the Restricted Three-Body Problem [Text] / M. Hénon. – Berlin etc. : Springer, 1997. – 278 p.
100. Hershey, A. D. Idiosyncrasies of DNA structure (Nobel lecture) [Text] / A. D. Hershey // Science. – 1970. – Vol. 168. – P. 1425–1427.
101. Hoppe-Seyler, Felix. Physiologische chemie : Bd. 1 : Allgemeine Biologie [Text] / von Dr. Felix Hoppe-Seyler. – Berlin : A. Hirschwald, 1877. – 174 S.
102. Hoppe-Seyler, Felix. Physiologische chemie : Bd. 2 : Die Verdauung und Resorption der Nahrung [Text] / von Dr. Felix Hoppe-Seyler. – Berlin : A. Hirschwald, 1878. – S. 175–363.
103. Hoppe-Seyler, Felix. Physiologische chemie : Bd. 3 : Blut, Respiration, Lymphe, Chylus [Text] / von Dr. Felix Hoppe-Seyler. – Berlin : A. Hirschwald, 1879. – S. 366–618.
104. Hoppe-Seyler, Felix. Physiologische chemie : Bd. 4 : Die Organe des Thierkörpers und ihre Functionem Der Gesamtstoffwech sel der Thiere [Text] / von Dr. Felix Hoppe-Seyler. – Berlin : A. Hirschwald, 1881. – S. 620–1036.
105. Huxley, J. Evolution: the modern synthesis [Text] / J. Huxley ; edited by John R. Baker. – 3rd ed. – London : George Allan & Unwin Ltd, 1974.
106. Ingenhousz, Jan. Expériences sur les Végétaux, spécialement sur la Propriété qu'ils possèdent à un haut degré, soit d'améliorer l'air quand ils sont au soleil, soit de le corrompre la nuit, ou lorsqu'ils sont à l'ombre; auxquelles on a joint une méthode nouvelle de juger du degré de salubrité de l'Atmosphère : Tome Second [Text] / Jean Ingen-Housz. – Paris : [de l'Imprimerie de Stoupe] chez Théophile Barrois ie jeune, M.DCC.LXXXIX [1789]. – 181 p.

107. Jacob, F. Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins [Text] / F. Jacob, J. Monod // *Journal of Molecular Biology*. – 1961. – Vol. 3. – № 3. – P. 318–356.
108. Kaufmann, W. Die magnetische und elektrische Ablenkbarkeit der Bequerelstrahlen und die scheinbare Masse der Elektronen [Text] / W. Kaufmann // *Göttinger Nachrichten*. – 1901. – No. 2. – S. 143–168.
109. Kekule, A. Lehrbuch der organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen [Text] : Bd. 1-3 / A. Kekule. – Erlangen : Verl. von F. Enke, 1861–1862.
110. Khorana, H. G. Some recent development in the chemistry of phosphate esters of Biological interest [Text] / H. G. Khorana. – New York – London, 1961.
111. Kornberg, A. Byosynthesis of DNA [Text] / A. Kornberg. – Pennsylvania, 1964.
112. Kossel, A. Beziehungen der Chemie zur Physiologie [Text] / Albrecht Kossel ; ed. E. von Meyer. – B. G. Teubner, 1913. – 37 S.
113. Kossel, A. Untersuchungen fiber die Nukleine und ihre Spaltungsprodukte [Text] / Albrecht Kossel. – Strassburg, 1881.
114. Laurent, Auguste. Méthode de Chimie [Text] / Auguste Laurent. – Paris : Mallet-Bachelier C.-F., 1854. – 28 p.
115. Le Chatelier, H. L. Cours de chimie industrielle [Text] / H. L. Le Chatelier. – Second edition. – 1902.
116. Le Verrier. Theorie DU mouvement de Mercure [Text] / Le Verrier, J. Urbain // *Annales de l'Observatoire imperial de Paris* ; t. 5; *Annales de l'Observatoire de Paris. Memoires* ; t. 5. – Paris : Mallet-Bachelier. 1859. – 195 p.
117. Leidheiser, Henry Jr. The Selective Deposition of Carbon on the (111) Face of a Nickel Crystal in the Catalytic Decomposition of Carbon Monoxide [Text] / Henry Jr. Leidheiser, Allan T. Gwathmey // *Journal of the American Chemical Society*. – 1948. – Vol. 70 (3). – P. 1206.
118. Lengyel, P. Synthetic polynucleotides and the amino-acid code [Text] / P. Lengyel, J. F. Speyer, S. Ochoa // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 1961. – Vol. 47. – P. 1936–1942.
119. Levene, P. A. Ribodeseose and xylodeseose and their bearing on the structure of thymine [Text] / P. A. Levene, T. Mori // *Journal of Biological Chemistry*. – 1929. – Vol. 83. – No 3. – P. 803–816.
120. Levene, P. A. Über die Pentose in den Nucleinsäuren [I] [Text] / P. A. Levene, W. A. Jacobs // *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*. – 1909. – Bd. 42. – S. 2102.
121. Mayr, Ernst. Systematics and the origin of species, from the viewpoint of a zoologist [Text] / Ernst Mayr. – Cambridge, Mass. : London : Harvard University Press, 1999.
122. Meselson, M. The Replication of DNA in *Escherichia coli* [Text] / M. Meselson, F. W. Stahl // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 1958. – Vol. 44. – No 7. – P. 671–682.
123. Miescher, Friedrich. Ueber die chemische Zusammensetzung der Eiterzellen [Text] / Friedrich Miescher // *Medicinisch-chemische Untersuchungen*. – 1871. – 4. – S. 441–460.
124. Michelson, A. M. Nucleotides Part XXXII. Synthesis of a Dithymidine Dinucleotide Containing a 3': 5'-Internucleotidic Linkage [Text] / A. M. Michelson, A. R. Todd // *Journal of the Chemical Society*. – 1955. – P. 2632–2638.
125. Miller, S. L. A production of amino acids under possible primitive earth conditions [Text] / S. L. Miller // *Science*. – 1953. – Vol. 117. – No 3046. – P. 528–529.

126. Miller, S. L. Organic compound synthesis on the primitive earth [Text] / S. L. Miller, H. C. Urey // *Science*. – 1959. – Vol. 130. – No 3370. – P. 245–251.
127. Nirenberg, Marshall W. The Genetic Code [Text] / Marshall W. Nirenberg // *Scientific American*. – 1963. – Vol. 208. – P. 80–94.
128. Oro, J. Mechanism of Synthesis of Adenine from Hydrogen Cyanide under Possible Primitive Earth Conditions [Text] / J. Oro // *Nature*. – 1961. – Vol. 191. – P. 1193–1194.
129. Paegel, Brian M. Darwinian Evolution on a Chip [Electronic resource] / Brian M. Paegel, Gerald F. Joyce // *Public Library of Science Biology (PloS Biology)*. – 2008. – Vol. 6. – Issue 4. – E. 85. URL: <http://www.plosbiology.org/article/info:doi/10.1371/journal.pbio.0060085b>
130. Payen A. Mémoire sur la diastase, les principaux produits de ses réactions et leurs applications aux arts industriels [Text] / A. Payen, J.-F. Persoz // *Annales de chimie et de physique*. – 1833. – 2nd series. – Vol. 53. – P. 73–92.
131. Pound, R. V. Gravitational Red-Shift in Nuclear Resonance [Text] / R. V. Pound, Jr. G. A. Rebka // *Physical Review Letters*. – 1959. – Vol. 3. – No. 9. – P. 439–441.
132. Powner, Matthew W. Synthesis of activated pyrimidine ribonucleotides in prebiotically plausible conditions [Text] / Matthew W. Powner, Béatrice Gerland, John D. Sutherland // *Nature*. – 2009. – Vol. 459. – P. 239–242.
133. Proust, L.-J. Recueil de différentes observations de chimie [Text] / L.-J. Proust // *Mémoires présentés à l'Institut des sciences, lettres et arts par divers savans et lus dans ses assemblées. Sciences mathématiques et physiques, 1^{re} série*. – 1806. – I (1796-1815). – P. 184–218.
134. Râcaumur, Renâe Antoine Ferchault. Lettres inédites de Râcaumur [Text] / Renâe Antoine Ferchault Râcaumur. – La Rochelle : Vve Mareschal et Martin, 1886.
135. Redi, Francesco. Esperienze intorno alla generazione degl'insetti [Text] / Francesco Redi. – Firenze : All'Insegna della Stella, MDCLXVIII [1668]. – 228 p.
136. Rensch, B. Neure Probleme der Abstammungslehre: transspeciphische Evolution [Text] / B. Rensch. – Stuttgart : Enke, 1954. – 436 s.
137. Rose, H. Handbuch der analytischen Chemie [Text] : 6 Aufl. : Bd. 1-2 / H. Rose. – Leipzig, 1864–1871.
138. Saussure, Theod. de. Recherches chimiques sur la végétation [Text] / Theod. de Saussure. – Paris : Nyon, 1804.
139. Senebier, J. Physiologique végétale contenant une description des organes des plantes: une exposition des phénomènes produite par leur organisation [Text] : V. 1-5 / J. Senebier. – Genève, 1800.
140. Shapiro, Robert. Origins: A Skeptic's Guide to the Creation of Life on Earth [Text] / Robert Shapiro. – New York : Summit Books, 1986.
141. Simpson, George Gaylord. Tempo and Mode in Evolution [Text] / George Gaylord Simpson. – New York : Columbia University Press, 1944.
142. Spaarnay, M. J. Measurement OF attractive forces between flat plates [Text] / M. J. Spaarnay // *Physica*. – 1958. – Vol. 24. – P. 751.
143. Spallanzani, L. Epistolario [Text] : V. 1-5 / L. Spallanzani. – Firenze, 1958-1964.
144. Staudinger, H. From Organic Chemistry to Macromolecules [Text] / H. Staudinger. – New York, 1970.
145. Stebbins, G. L. Variation and Evolution in Plants [Text] / G. L. Stebbins. – New York : Columbia University Press, 1950. – 643 p.

146. The foundations of stereo chemistry : memoirs by Pasteur, van't Hoff, Le Bel and Wislicenus [Text] / George Mann Richardson, Louis Pasteur, J. H. van't Hoff, J.-A. Le Bel, Johannes Wislicenus. – New York : American Book Co., 1901.

147. The Free Encyclopedia Wikipedia. [Electronic resource] URL: <http://en.wikipedia.org/>

148. Thomson, J. J. The discharge of electricity through gases [Text] / J. J. Thomson. – Westminster : A. Constable, 1898.

149. Timofeeff-Ressovsky, N. W. Über die Natur der Genmutation und der Genstruktur [Text] / N. W. Timofeeff-Ressovsky, K. G. Zimmer, M. Delbrück // Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen: Mathematische-Physikalische Klasse, Fachgruppe VI, Biologie. – 1935. – Bd. 1. – Nr. 13. – S. 189–245.

150. Vinogradsky, S. N. Recherches sur les organismes de la nitrification [Text] / S. N. Vinogradsky // Annales de l'Institut Pasteur. – 1890. – № 4, 5, 12 ; 1891. – V. 5.

151. Vinogradsky, S. N. Über Eisenbakterien [Text] / S. N. Vinogradsky // Botanische Zeitung. – 1888. – № 17.

152. Vinogradsky, S. N. Über Schwefelbakterien [Text] / S. N. Vinogradsky // Botanische Zeitung. – 1887. – № 31. – S. 37.

153. Watson, J. D. Genetical implications of the structure of deoxyribonucleic acid [Text] / J. D. Watson, F. H. Crick // Nature. – 1953. – Vol. 171(4361). – P. 964–967.

154. Wilhelmy, L. Über das Gesetz, nach welchem die Einwirkung der Säuren auf den Rohrzucker stattfindet [Text] / L. Wilhelmy // Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. – 1850. – B. 81. – S. 413–433.

155. Wilkins, M. H. Molecular structure of deoxypentose nucleic acids [Text] / M. H. Wilkins, A. R. Stokes, H. R. Wilson // Nature. – 1953. – Vol. 171 (4356). – P. 738–740.

156. Williamson, Alexander. Theory of Aetherification [Text] / Alexander Williamson // Philosophical Magazine. – 1850. – Vol. 37. – P. 350–356.

157. Woese, Carl R. The genetic code; the molecular basis for genetic expression [Text] / Carl R. Woese. – New York : Harper & Row, 1967.

158. Wright, X. Sewall. The Roles of Mutation, Inbreeding, Crossbreeding and Selection in Evolution [Text] / X. Sewall Wright // Proceeding of The Sixth International Congress of Genetics. – 1932. – Vol. 1. – P. 356–366.

159. Young, Thomas. Experiments and calculations relative to physical optics [Text] / Thomas Young. – London : printed by W. Bulmer & Co. ..., 1804. – 16 p.

160. Zhang, Biliang. Peptide bond formation by *in vitro* selected ribozymes [Text] / Biliang Zhang, Thomas R. Cech // Nature. – 1997. – Vol. 390 (6655). – P. 96–100.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	7
ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ, СОСТАВЛЯЮЩИЕ СОВРЕМЕННУЮ ФИЗИЧЕСКУЮ КАРТИНУ	12
1.1. Механическая концепция.....	13
1.2. Электромагнитная концепция	33
1.3. Релятивистская концепция.....	36
1.4. Квантовая концепция.....	47
1.5. Концепция многоуровневой иерархии физических систем	57
ГЛАВА 2. ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОЙ ХИМИИ, СОСТАВЛЯЮ- ЩИЕ СОВРЕМЕННУЮ ХИМИЧЕСКУЮ КАРТИНУ МИРА	59
2.1. Концепция химического состава индивидуальных веществ.....	60
2.2. Концепция химической структуры индивидуальных веществ	69
2.3. Концепция химической реакции	76
2.4. Концепция химической эволюции	86
2.5. Концепция многоуровневой иерархии химических систем	89
ГЛАВА 3. ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОЙ БИОЛОГИИ, СОСТАВЛЯЮЩИЕ СОВРЕМЕННУЮ БИОЛОГИЧЕСКУЮ КАРТИНУ МИРА	91
3.1. Концепция обмена веществ (метаболизма) живого	92
3.2. Концепция самовоспроизведения живого.....	96
3.3. Концепция однократного абиогенного происхождения живого	104
3.4. Концепция биологической эволюции	111
3.5. Концепция многоуровневой иерархии биологических систем	122
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	129
Библиографический список	133

Учебное издание

Цюпка Вячеслав Павлович

**ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА:
КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

Редакторы:

Т.Г. Лагутина
Л.И. Фалькова

Компьютерная верстка

Ю.А. Лазебная

Подписано в печать 23.04.2012. Гарнитура Times New Roman.
Формат 60×84/16. Усл. п. л. 8,37. Тираж 100 экз. Заказ 120.
Оригинал-макет подготовлен и тиражирован в ИПК НИУ «БелГУ»
308015, г. Белгород, ул. Победы, 85