

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ,  
МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ**

**ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

*Гоков А. М.*

*Жидко Е. А.*

**КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО  
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

**Учебное пособие  
для иностранных студентов**

**Харьков. Изд. ХНЭУ, 2013**

УДК 50(075.8)

ББК 20я73

Г59

Рецензенты: канд. физ.-мат. наук, ст. научный сотрудник Института сцинтилляционных материалов НАН Украины *Катрунов К. А.*; канд. физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой космической радиофизики Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина *Тырнов О. Ф.*

**Рекомендовано к изданию решением ученого совета Харьковского национального экономического университета.**

Протокол № 2 от 22.10.2012 г.

**Гоков А. М.**

Г59 Концепции современного естествознания : учебное пособие для иностранных студентов / А. М. Гоков, Е. А. Жидко. – Х. : Изд. ХНЭУ, 2013. – 260 с. (Русск. яз.)

Приведены основные теоретические сведения по учебной дисциплине, материал для закрепления знаний, контрольные вопросы, а также основные типичные практические задания и примеры их решения.

Рекомендовано для иностранных студентов отраслей знаний "Экономика и предпринимательство", "Менеджмент и администрирование", направления подготовки "Туризм" всех форм обучения, а также для изучающих одноименную дисциплину по другим профилям подготовки.

**ISBN**

**УДК 50(075.8)**

**ББК 20я73**

© Харьковский национальный  
экономический университет, 2013

© Гоков А. М.

Жидко Е. А.

2013

## Введение

Естествознание представляет собой науку о законах и явлениях окружающей нас природы. Современное естествознание – это широко разветвленная область научных знаний о природе, характеризующаяся одновременно идущими процессами создания синтетических дисциплин и научной дифференциации и ориентированная на интеграцию научных знаний. В настоящее время естествознание включает множество отраслей знаний: физику, биологию, генетику, химию, математику, биохимию, геохимию, экологию, астрономию и др. В каждой дисциплине естествознания находится свой аспект изучения в природе. Многообразие аспектов нашло свое отражение в большом числе концепций, которые посвящены практически всем объектам природы, процессам и явлениям.

Для современного естествознания характерны интенсивно идущие процессы интеграции различных научных направлений, эволюционный подход к изучению окружающей природы, четкое понимание целостности ее, а также осмысление результатов исследований.

Естественнонаучные знания в настоящее время стали основой активных преобразующих практических действий, а основанные на них современные технологии, формируют новый жизненный образ человека. Важнейшие достижения естествознания представляют собой фундамент современных наукоемких технологий, с применением которых производится самая разная продукция.

Фундаментальные знания о природе, то есть естественнонаучные знания, очень важны для понимания того, какой ценой дается такая продукция – важнейшая составляющая современной экономики. Они важны для понимания перспектив развития современных технологий, которые тесно связаны с социальными, экономическими и политическими проблемами. На основе естественнонаучных знаний и основанных на них современных технологиях формируется образ жизни, и человек не может дистанцироваться от фундаментальных знаний об окружающем мире, не рискуя оказаться беспомощным в профессиональной деятельности. Изучение естественнонаучных знаний,

которые накоплены во всех отраслях естествознания, представляет собой необходимый, но очень сложный процесс. Подробное изложение таких знаний не представляется возможным и необходимым.

В настоящее время основные методологические и мировоззренческие принципы современного естествознания, основные направления их развития и положение в общекультурной картине мира, знание которых является необходимым современному специалисту, предлагаются студентам различных направлений подготовки во многих высших учебных заведениях при изучении учебной дисциплины "Концепции современного естествознания". Для решения такой задачи в учебном пособии используется принцип концептуальности изложения учебного материала.

Известно, что понятие "концепция" включает в себя основополагающие принципы и идеи. Такой подход позволяет студентам получить фундаментальные знания о природе и на их основе детальнее изучить специализированные дисциплины по профилю подготовки. Концептуальное мышление и восприятие естественнонаучных знаний необходимо для студентов технических, естественных и гуманитарных направлений подготовки, так как оно показывает роль естествознания в современной жизни, применимость его законов и принципов к разным сферам практической и теоретической деятельности человека и общества в целом.

В условиях современного динамического развития общества и усложнения технической и социальной инфраструктуры информация становится таким же стратегическим ресурсом, как и традиционные материальные и энергетические ресурсы. Современные информационные технологии, позволяющие создавать, хранить, перерабатывать и обеспечивать эффективные способы представления информационных ресурсов потребителю, стали важным фактором жизни общества и средством повышения эффективности управления всеми сферами общественной деятельности. Уровень использования информации становится существенным фактором успешного экономического развития и конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках. Информация является важнейшим стратегическим ресурсом, и

наибольший экономический и социальный успех сегодня сопутствует тем странам, которые активно используют современные средства компьютерных коммуникаций и сетей, информационных технологий и систем управления информационными ресурсами. Поэтому в данном учебном пособии впервые в рамках этой учебной дисциплины уделяется достаточно много внимания этим вопросам.

Целью изучения учебной дисциплины является формирование у студентов через систему знаний о закономерностях и законах, действующих в природе, необходимых для их будущей профессиональной деятельности:

1) системы знаний о принципах, закономерностях и законах природы для расширения представлений студентов о направлениях и путях развития в научно-технической и организационно-экономической сферах деятельности человека;

2) системы компетенций по решению типовых задач профессиональной деятельности;

3) фундаментальной системы процедурных и декларативных знаний;

4) прикладных умений;

5) навыков самостоятельного и творческого мышления для решения сложных проблем современной жизни;

6) умений определять сущность явлений и законов природы, взаимосвязи в природных системах и их влияние на деятельность человека;

7) умений применять в практической деятельности познанные законы природы и использовать полученные знания для гармонизации взаимоотношений в системе "общество – природа – техносфера" для достижения сбалансированного развития экономики.

Учебное пособие подготовлено в соответствии с требованиями высшего профессионального образования в Украине и состоит из 7 разделов. Его основная задача – сделать для студентов доступным понимание результатов и проблем разных прикладных и фундаментальных исследований в области естественных наук, на уровне общих представлений познакомить студентов с наиболее важными концепциями, положениями наук о природе в их развитии и взаимосвязи.

Пониманию того, что собой представляет пространство, посвящен первый раздел. Работа с расположенными в пространстве, имеющими координатную привязку объектами в настоящее время является сущностью бурно развивающегося рынка. Пространственные представления используются и в различных областях бизнеса. Компьютерные системы, или так называемые географические информационные системы, оперирующие базами пространственных данных, позволяют создавать и анализировать картографические отображения и карты, осуществлять навигацию с помощью мобильных спутниковых устройств.

Во втором разделе рассматривается, почему широкое использование энергии лежит в основе современной цивилизации и по какой причине развитие экономики и качества жизни в обществе в значительной мере определяется такими показателями, характеризующими уровень социально-экономического развития стран, как энерговооруженность населения и удельная энергоемкость валового внутреннего продукта.

Третий раздел посвящен изучению основных концепций представления организации материи. Исследуется понятие поля, лежащего в основе многих представлений современного мира, изложены основные сведения о колебаниях и волнах в природе. Эти вопросы представляют огромный интерес для промышленности и современной экономики.

В четвертом разделе рассмотрены понятия о современных технологиях, микро- и наномире, а также наноструктурированные твердые тела, которые находятся в фокусе внимания мировой научной и инженерной общественности благодаря ряду необычных физических свойств.

Пятый раздел посвящен изучению естественнонаучных представлений цифрового мультимедийного мира и современных коммуникационных систем. В настоящее время развитие любой страны невозможно без компьютеризации всех сфер деятельности. От скорости и полноты обработки и перемещения информационных потоков зависят успехи в научной, образовательной, экономической деятельности, в сфере политики и защиты государственных интересов.

Естественнонаучные представления, лежащие в основе перемещения информационных потоков и организации современных технологий управления, рассмотрены в шестом разделе.

Седьмой раздел посвящен естественнонаучным представлениям, которые являются основой для применения достижений химии и биологии в производстве и быту (биотехнологии, генная инженерия и др.). Также уделяется внимание изучению системы "окружающая природа и экология".

Предлагаемое содержание учебной дисциплины должно способствовать приобретению логически обоснованной системы знаний, соответствующих современному уровню развития естествознания. Они должны дать возможность будущим экономистам правильно оценивать достоинства и недостатки любых управленческих решений в различных отраслях народного хозяйства, осуществлять поиск и выбор оптимальных действий и т. д.

Основой настоящего учебного пособия стал курс лекций по учебной дисциплине "Концепции современного естествознания", который читается в Харьковском национальном экономическом университете студентам на первом курсе обучения.

При работе над содержанием пособия авторы сделали упор на фундаментальные знания, при отборе материала стремились к тому, чтобы он отвечал современным требованиям и практическим задачам, решаемым в настоящее время.

При написании учебного пособия авторы использовали широкий круг литературы [1 – 19], которая дана в качестве основной рекомендованной.

В целостном виде решать задачи обучения современному естествознанию позволяет учебный комплекс, состоящий из данного теоретического пособия и практикума по учебной дисциплине, который подготовлен авторами в виде отдельного пособия. Содержание практикума построено на использовании современных компьютерных методов представления и анализа явлений, происходящих в окружающей действительности, и методов математического компьютерного моделирования.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен приобрести следующие *компетентности*:

1) знать и уметь квалифицированно характеризовать основные понятия, используемые в современном естествознании, которые являются основой для понимания глубинных взаимосвязей между различными сторонами современной жизни общества;

2) понимать упорядоченную систему элементов и связей между производителями и потребителями материальных, нематериальных благ и услуг, уметь квалифицированно пояснять, какими естественными средствами создаются блага, необходимые для жизнедеятельности людей и без которых общество не сможет развиваться;

3) выявлять суть осуществляющихся технологических преобразований, оценивать преимущества и недостатки тех структурных сдвигов, которые совершаются в современной экономической системе, выявлять специфические особенности на каждой ступени данного процесса и на этой основе научно обосновать конкретные рекомендации;

4) оценивать преимущества и недостатки новшеств или инноваций, возникающих в результате творческой интеллектуальной деятельности человека, востребованные рынком, обеспечивающие качественный рост эффективности процессов в экономике, с качественным повышением эффективности производственных систем;

5) уметь оперировать фактами, получаемыми посредством современных информационных технологий, а также воспроизводимыми и визуализируемыми с помощью современных средств компьютерного моделирования и компьютерной графики;

6) уметь применять для извлечения требуемой информации об устройстве окружающего мира и характеристиках движения материи справочники, научно-техническую литературу и Интернет.

# **Раздел 1. Естественнонаучные основы представлений об окружающей действительности**

## **1. Основы концепций современных представлений детерминированной физической картины макромира**

### **1.1. Естествознание как отрасль научного познания окружающего мира**

Определим некоторые основные понятия учебной дисциплины.

*Естествознание* – важная составляющая системы знаний, к которой относятся прикладные и общественные науки, а также математика. Это наука о законах и явлениях окружающей природы.

Термин "естествознание" происходит от соединения слов "естество", то есть природа, и "знание". Таким образом, дословное толкование термина – знание о природе.

Современное естествознание включает целый ряд естественнонаучных отраслей: биологию, химию, физику, геохимию, биофизику, физическую химию, биохимию, геодезию, геофизику и др. Оно охватывает широкий круг вопросов о различных свойствах объектов природы, которую возможно рассматривать в качестве единого целого. Поэтому естествознание – совокупность наук о неживой и живой природе, которая представляет собой единое целое. При этом под природой понимается все сущее, весь мир в многообразии его форм.

*Предметом естествознания* являются:

- основные формы и уровни организации материи;
- основные формы бытия – пространство и время;
- основные законы природы, закономерная взаимосвязь явлений природы и т. д.;
- естественнонаучные представления об окружающей природе;
- естественнонаучные представления об использовании достижений естествознания в технических, информационных, коммуникационных и мультимедийных технологиях, важнейших концепций химии и биологии в практической деятельности людей;
- связь явлений природы как общего характера, которая охватывает ряд форм движения, так и специфического характера,

относящаяся только к отдельным сторонам различных форм движения, их материальным носителям и структуре.

*Цели естествознания* следующие:

- устанавливать суть явлений природы и законы и на этой основе предсказывать или создавать новые явления;
- устанавливать и открывать возможности применения в практической деятельности познанных законов природы.

*Наука* – область деятельности человека, основной задачей которой является выработка и систематизация *объективных знаний* о неживой и живой природе как едином целом.

*Цель науки* состоит в описании, объяснении и предсказании явлений и процессов в окружающей природе, которые являются предметом ее изучения, на основе открываемых ею законов.

*Концепция* – система взглядов на явления в окружающем мире, природе и обществе. Кроме того, это основная точка зрения или определенный способ понимания, трактовка каких-либо явлений природы. Концепция определяет стратегию действий.

*Парадигма* (от греч. *paradeigma* – образец) – это строго научная теория, которая является основной в научном обществе в течение определенного периода времени. Это также научная модель постановки разных проблем, включая методы их решения и исследования.

*Мировоззрение* представляет собой систему обобщенных взглядов на объективный мир и место человека в нем, на отношение человека к самому себе и окружающей природе.

*Природа* – это все то, что окружает человека во всем многообразии его форм. Она очень сложна, многообразна и неисчерпаема. Форма существования природы – движение. Параметры, описывающие состояние природы и процессы, происходящие в ней, изменяются в очень широких пределах. Природа поддается познанию. Она рассматривается не абстрактно, вне деятельности человека, а как находящаяся под воздействием человека. Познание природы достигается в результате теоретической и практической деятельности людей. Природа служит предметом естествознания.

Естествознание – это отражение природы в сознании человека, которое постоянно изменяется и совершенствуется в процессе активного преобразования природы в интересах общества.

Естествознание является общезначимым и выступает эталоном научной объективности.

*Основные и важнейшие достижения естествознания являются фундаментальной основой для современных наукоемких технологий, с применением которых человечество производит самую разнообразную продукцию, включая и товары повседневного спроса для людей.*

Для понимания того, как и с какими затратами дается такая продукция, являющаяся важнейшей составляющей экономики, какие существуют направления и перспективы развития современной техники и технологий, неразрывно связанных с социальными, экономическими и политическими задачами и проблемами, требуются фундаментальные знания об окружающей действительности, то есть естественнонаучные знания.

В настоящее время такие знания представляют собой базовый ресурс любой экономики. Они стали основными в сфере активных действий и по своей значимости превосходят материальные ресурсы: землю, капитал, рабочую силу и т. п. Сами естественнонаучные знания и современные технологии, основанные на них, формируют в обществе новый образ жизни, поэтому образованный человек не может дистанцироваться от фундаментальных знаний об окружающем мире. Иначе он рискует оказаться беспомощным в профессиональной деятельности.

*Единая система знаний человека условно делится на естественные, фундаментальные, прикладные и общественные науки.*

Четкой границы между науками не существует. Напротив, имеет место постоянное и благотворное взаимодействие между ними и взаимное проникновение, на основе чего рождаются новые знания.

Естествознание играет ведущую роль в фундаментальной науке. Оно изучает природу, объясняет ее явления и процессы на всех структурных уровнях.

Естествознание существовало не всегда. Постепенно в течение многовековой истории у человечества накапливался опыт, выявлялись и фиксировались многочисленные определенные закономерности в формировании и протекании природных процессов.

Современное естествознание характеризуется как сложностью трактовки множества разнообразных явлений в окружающей природе, так и сложностью исследуемых процессов. На основе накопленных знаний о природе оно базируется на переосмыслении классических представлений об основных формах бытия – пространстве, времени и

материи, а также законов, управляющих явлениями наномира, микромира, макромира и мегамира.

Современное естествознание использует весь арсенал известных методов познания природы, к которым постоянно добавляются и новые, например, с бурным развитием и массовым внедрением во все сферы жизни людей в последние десятилетия компьютерной техники получил широкое развитие и применение численный эксперимент, или компьютерное моделирование.

Огромное многообразие проявлений окружающей нас природы требует комплексного, всестороннего и глубокого понимания фундаментальных понятий о добре и зле, материи, пространстве и времени, законе и справедливости, о поведении человека в обществе.

Важно понимать, что вне зависимости от профессии, знание и понимание концепций современного естествознания поможет представить и понять, каких затрат, а именно интеллектуальных и материальных, стоят современные исследования, которые позволяют проникнуть в нано- и микромир, изучать и осваивать внеземное космическое пространство, какой ценой дается, например, высокое качество современной бытовой техники, какие реальные пути совершенствования современной компьютерной техники и почему очень актуальна и важна проблема сохранения окружающей нас природы, которая дает человечеству достаточно ресурсов для удовлетворения своих потребностей.

## **1.2. Современное понимание научности**

### ***1.2.1. Основные понятия научности***

*Наука* – сфера деятельности человека, направленная на выработку и систематизацию объективных данных об окружающей действительности. Основу такой деятельности составляют: 1) сбор научных фактов; 2) постоянное их обновление и систематизация; 3) их критический анализ; 4) синтез на этой базе новых научных знаний или обобщений, которые описывают наблюдаемые общественные или природные явления, а также позволяют строить причинно-следственные связи и выполнять прогнозирование. Естественнаучные гипотезы и теории, которые подтверждаются опытами или фактами, формулируются в качестве законов общества или природы [17].

Наука зародилась в древнем мире и начала формироваться в XVI – XVII веках. С тех пор объем получаемых знаний и число людей, занятых в науке, удваиваются каждые 9 – 16 лет. На современном этапе развития человеческого общества науке принадлежит ведущая роль.

Развитию науки присуще чередование экстенсивных и революционных периодов, то есть научных революций, которые приводят к изменению структуры науки, методов и категорий, принципов познания и форм ее организации. Наука характеризуется диалектическим сочетанием процессов ее интеграции и дифференциации, развитием фундаментальных и прикладных исследований.

*В науке истинным является только то*, что подтверждается воспроизводимым опытом, то есть экспериментом.

В отличие от науки *религия* основана на вере и никаких доказательств не требует.

С наукой связана *философия*, которая представляет собой *мировоззрение*, систему идей и взглядов на природу и место в ней человека. Философия ставит задачу ответить на общечеловеческие вопросы, а именно: в чем смысл жизни, познаваем ли мир и т. д.

*Цели и задачи современной науки* очень многогранны. Главная из них – улучшить жизнь человечества и сохранить цивилизацию. К важнейшим задачам науки относится создание инструмента, способного увидеть рубеж, переступить который человечество не должно ни при каких обстоятельствах. Эта задача исключительно трудна. Для ее решения потребуется время и усилие больших коллективов ученых самых разных специальностей.

*Философия науки* представляет собой множество разных концепций, предлагающих различные модели познавательной деятельности и развития науки. Ее основная цель состоит в установлении роли и значимости науки, характеристик науки, которые позволяют отличать ее от иных видов познавательной деятельности людей. Она является одной из важнейших областей применения человеческого интеллекта, в рамках которой постоянно идет обсуждение вопроса "*Как возможно достижение истины?*".

В русском языке слово "наука" имеет очень широкое значение. В английском языке слово *science* имеет существенно более узкое значение, означая то, что в русском языке называется естественными науками, то есть науками о природе. В этом смысле и будем

употреблять слово "наука". В данный момент времени понимание ценности науки определяется, главным образом, *отношением к ней*, и особенно к естествознанию, *общества*.

*Ценность науки* часто рассматривается с двух точек зрения: 1 – что она дает для улучшения жизни людей; 2 – что она дает малой части людей, которые изучают природу и хотят знать, как устроен окружающий мир. Ценной в первом смысле считается *прикладная наука*, а во втором – *фундаментальная* [19].

В процессе своего развития наука сама выработала средства и методы для преодоления ограниченности чисто дисциплинарного подхода к изучению природы. Этот подход ориентирован на изучение сугубо специфических, частных закономерностей конкретных явлений. Он очень редко способствует открытию общих, более глубоких закономерностей и фундаментальных законов, которые относятся к взаимосвязанным классам явлений, а также целых областей природы, раскрывающих ее единство, взаимодействие и взаимосвязь составляющих ее объектов и процессов в ней.

Поэтому в последние десятилетия появился и в настоящее время широко развивается во многих сферах научной деятельности новый подход, называемый *междисциплинарным, или интеграционным*. В нем происходит интеграция научных знаний, совершаемая в разных формах, начиная с простейшего применения методов, теорий и понятий из одной науки в другой и продолжая возникшим в XX столетии системным методом. Такой подход позволяет разным наукам делать большие скачки в своих исследованиях. Например, в последние годы, начав применять в своих исследованиях физические методы и аппарат современной математики, биологическая наука достигла значительных успехов. В результате взаимодействия этих наук на их стыке возникла и быстро развивается биофизика. Подобным образом появились геохимия, биохимия, геофизика, бионика, мехатроника и ряд других наук.

Применяемые в различных науках специальные, конкретные, частные приемы и способы исследования могут быть существенно разными, но метод исследования и общий подход к познанию остаются по сути теми же самыми. Это называется *системным методом*, который позволяет рассматривать явления и объекты окружающего мира в их целостности и взаимосвязи. В настоящее время этот метод является наиболее эффективным средством *интеграционных исследований*.

*Стратегия научного исследования* – это общие методы, приемы и принципы познания окружающего мира.

*Тактика научного исследования* – это частные методы и приемы, которые применяются в разных отдельных науках.

Для понимания процессов эволюции в окружающем мире в настоящее время очень важны *междисциплинарные исследования*, которые проводятся в рамках популярной в современной науке концепции самоорганизации в природе. Она получила название *синергетики*. Новые научные результаты, полученные в последние годы в этой области знаний, надежно показывают необоснованность прежнего абсолютного противопоставления неживых и живых систем, позволяют по-новому взглянуть на проблему возникновения живой материи из неживой. Надежные эксперименты, прежде всего в химии и биологии, и теоретический анализ показывают, что при наличии строго определенных условий процессы самоорганизации могут происходить и в неорганической природе. Используя эту концепцию, всю окружающую природу можно представить как самоорганизующийся универсум, что позволит лучше представлять и понимать современную естественнонаучную картину мира.

### **1.2.2. Научная картина мира**

*Научная картина мира (НКМ)* представляет собой общую систему понятий и представлений в ходе формирования естественнонаучных теорий. Это система понятий и представлений о закономерностях и свойствах реальной природы (действительности), построенная на основе синтеза и обобщения научных различных принципов и понятий.

Развитие науки постоянно сопровождается обновлением знаний, идей и концепций. Более ранние представления становятся частными случаями новых теорий. НКМ не является ни догмой, ни абсолютной истиной. Научные представления об окружающей природе основываются на совокупности научно доказанных фактов и установленных причинно-следственных связей, что позволяет с определенной вероятностью делать заключения и прогнозы о свойствах окружающего мира, способствующие развитию человеческой цивилизации. При несоответствии результатов проверки теории гипотезе, концепции, установлении

новых фактов, возникает необходимость пересмотра имеющихся представлений и создания новых, более соответствующих реальности. В таком развитии и состоит сущность научного метода.

Рассмотрим кратко на основе современных представлений основные научные картины мира.

*Механическая картина мира (МКМ)* была разработана в научных трудах Х. Гюйгенса, Г. Галилея, И. Кеплера, И. Ньютона. И. Ньютон в 1687 г. выполнил основную задачу – "синтез системы мира". Механика, которая была положена в основу его труда, давала научное объяснение окружающего мира. Уравнения динамики Ньютона линейны, действие равно противодействию, интенсивность следствия определяется интенсивностью причины. Это позволяло утверждать, что все в мире строго детерминировано и предопределено. В современном смысле это была первая научная теория, поэтому этот год обычно называют годом рождения современного естествознания.

В основе *электромагнитной картины мира (ЭКМ)* лежат идея динамического атомизма, континуальное понимание материи и связанное с ним понятие *близкодействия*, введенное М. Фарадеем. Эти идеи отразились в уравнениях электродинамики Дж. Максвелла, на основе которых возникло понятие поля без построения механических корпускулярных моделей. Модель атома Н. Бора отличалась дуализмом: сочетанием непрерывности и дискретности.

Квантово-полевые представления об окружающем мире, когда материя обладает корпускулярными и волновыми свойствами, открытия, связанные со строением вещества и взаимосвязью вещества и энергии, отразила *квантово-полевая картина мира (КПКМ)*. Другими стали представления о роли наблюдателя, причинности, материи, пространстве и времени. Данная картина мира явилась результатом дальнейшего развития электромагнитной картины мира.

*Современная, или эволюционная, картина мира* основывается на появлении и широком внедрении междисциплинарных подходов и технических возможностей описания движений и состояний любых сложных систем. Это позволило рассматривать единообразно явления неживой и живой природы. Современные представления о мире формируются на основе дифференциации и интеграции естественных наук, единстве физического знания и т. п.

Новый подход, а именно синергетический, ориентируется на изучение процессов изменения и развития. Процессы возникновения и формирования новых, более сложно организованных систем в природе позволяют изучать принцип самоорганизации.

Современная картина мира включает естественнонаучные и гуманитарные знания.

Современная естественнонаучная, эволюционная научная картина мира является результатом синтеза систем мира древности, античности, гео- и гелиоцентризма, механистической, электромагнитной, квантово-полевой картин мира и опирается на научные достижения современного естествознания.

### **1.2.3. Научная парадигма**

*Научная парадигма* – совокупность достижений в науке, в первую очередь теории, которые признаются всем научным сообществом на определенном историческом промежутке времени развития общества.

Примерами парадигм являются: теория эволюции Ч. Дарвина, теория атома Н. Бора, геоцентрическая система мира К. Птолемея, кислородная теория А. Лавуазье, и т. п.

Применение понятия парадигмы означает включение *исторического подхода* в обсуждение понятия научной концепции и это тесно и прямо связано со словом "современного" в названии данного учебного курса.

Принятая в науке в данное время научная парадигма обозначает совокупность проблем, имеющих смысл и решение. Все, что не входит в эту совокупность, не заслуживает рассмотрения. Научная парадигма также определяет допустимые методы решения этих проблем.

На каждом историческом этапе развития природы и общества существует так называемая "нормальная" наука, то есть действующая в рамках парадигмы. В ее задачи входят:

- 1) уточнение фактов;
- 2) определение подтверждающих фактов;
- 3) получение количественных закономерностей;
- 4) уточнение констант с максимальной точностью;
- 5) развитие самой парадигмы.

*Смена парадигм* (англ. *paradigm shift*) – это термин, который был введен с целью описания изменения базовых посылок в рамках ведущей теории науки (парадигмы) историком науки Т. Куном в труде "Структура научных революций" (1962 г.). В дальнейшем этот термин стал повсеместно использоваться и для других областей человеческого опыта.

*Понятие научная революция* по Т. Куну заключается в эпистемологической смене парадигмы, которая происходит тогда, когда исследователи выявляют аномалии, необъяснимые с помощью принятой парадигмы, в рамках которой до того момента проходил научный прогресс. Возникающий в периоды научных революций конфликт парадигм заключается, прежде всего, в конфликте различных ценностных систем, разных приемов и способов решения задач, способов наблюдения и измерения явлений, разных практик и, естественно, разных картин мира. Наука выступает в виде такой игры, как решение головоломок. При накоплении достаточно числа данных о значимых аномалиях, которые противоречат текущей парадигме, в соответствии с теорией научных революций, научная дисциплина входит в период кризиса. Демаркационным критерием выступает только непротиворечие современной парадигме предлагаемой новой теории. Во время этого кризиса проверяются новые идеи, которые, возможно, ранее не принимались к рассмотрению или даже были отброшены. В этот период парадигма рушится и на ее остатках рождаются новые гипотезы и для науки наступает аномальная фаза. Свою жизнеспособность показывает одна из гипотез. Она успешно объясняет как старые данные, так и новые, и выступает началом новой парадигмы. Старая парадигма становится ненужной. Научная революция свершилась. В результате формируется новая парадигма и начинается интеллектуальная "битва" между сторонниками новой и старой парадигм. Старая игра продолжается по новым правилам.

#### **1.2.4. Специфика естествознания в системе наук и в исследовании природы**

У естествознания перед другими науками имеется ряд преимуществ в изучении почти всех сфер окружающей нас действительности. Это обусловлено целым рядом причин. В первую очередь, это то, что естествознание *изучает материальную сферу жизненной*

*деятельности человеческого общества и природу*, которая противостоит ему (от человека не зависимую), а также задеиствованную им в своей повседневной практической деятельности и, кроме того, также создаваемую им в качестве искусственной среды (так называемая антропогенная деятельность).

Взаимосвязь с творческой ролью сознания и практической деятельностью приоритета материального обеспечивает главенство естествознания в познании окружающего мира.

Другой важной чертой естествознания, как системы знаний (наук), выступает его теоретическая и логическая стройность, строгость, доступность применения математики и широкое ее применение, что обеспечивает ему приоритетность перед другими областями знания при построении ими своих теорий.

Важно также то, что в естествознании сформировались физический, логический и натуральный типы эксперимента. Впоследствии они переросли в научно-производственный, обладающий широкими теоретическими и прикладными возможностями. В настоящее время они переросли в машинный или математический. Эксперименты применяются для изучения труднодоступных или совсем недоступных другими способами и средствами исследования объектов. Они нужны и важны при теоретическом конструировании объектов жизненной деятельности общества. С помощью экспериментов изучаются, обрабатываются и создаются материальные объекты, которые впоследствии выступают в качестве орудий на новых этапах познания или при преобразовании вовлекаемых в соответствующий процесс материальных объектов. В машинном эксперименте в отличие от физического, присутствуют или преобладают мотивы естествоведения, он общенаучен, может быть применен в случаях, где построение математической модели возможно.

Важной особенностью естествознания в последние годы стало преодоление целым рядом составляющих его наук своих методологических и объективных границ, их выдвигание на общенаучный уровень. Среди них, прежде всего, такие науки, как кибернетика, экология физика, этология.

В настоящее время в физике сложились концепции, которые имеют объяснительную и эвристическую значимость для изучения всех существенно важных черт в динамике окружающего мира одновременно с проникновением ее методов в химию, биологию, технику и даже в

гуманитарные сферы. Примером такой концепции служит многоплановая, разветвленная концепция состояний, далеких от равновесия. Ее нынешнее содержание формировалось усилиями ряда выдающихся ученых, создавших и развивших теорию катастроф. Сегодня эта теория получает как теоретическое развитие, так и новую методологию. Применяя теории состояний, далеких от равновесия, удастся понять или снять много неясностей и противоречий, которые возникли в науке, сформулировать общий подход к очень большому числу явлений природы и общества. Родилась и утвердилась новая область знаний, которая имеет общенаучную значимость. Теория принципиально неравновесных систем, которая зародилась в математике и физике, стала общенаучной дисциплиной и важным "конструктором" в технике [19].

### ***1.2.5. Роль математики в естествознании***

Естествознание является количественной наукой. Математика представляет собой систему знаний о величинах и количественных моделях реальных объектов. Поэтому естествознание невозможно без знаний математики. Она является основным аппаратом современного естествознания и дает удобные и эффективные способы описания большого многообразия сложных и разнообразных особенностей окружающего мира и его явлений. Современное естествознание использует весь арсенал элементарной и высшей математики.

Главным в естествознании являются число, величина, формула, уравнение, но еще важнее – их истолкование (интерпретация). Правильное и удачное истолкование приводит к пониманию. Понимание – это вечная проблема, стоящая перед человеком [19].

Наряду с физикой и астрономией математика представляет собой древнейшую систему знаний. В последние десятилетия происходит математизация разных областей техники и науки, математические методы применяются во всех сферах практической деятельности людей. Численные методы анализа и алгебры стали самостоятельной ветвью математики – вычислительной математикой. Практика показывает, что дальнейшее развитие любой области науки (и знаний в целом) невозможно без применения математики и ее мощного вычислительного аппарата. Использование современных математических методов позволяют достичь существенно большей ясности и точности, чем

словесное описание, с которого начинается становление любого раздела науки.

В природе многие процессы и явления являются случайными величинами и подчиняются случайным (статистическим, стохастическим) распределениям. По этой причине в естествознании очень широко применяются математические законы распределения случайных величин и методы их анализа.

Одно из важных численных понятий в математике и естествознании – это порядок величины. В естествознании часто не удается и не всегда нужно произвести точные вычисления типа  $2 \times 3 = 6$ . Иногда ограничиваются приближенными вычислениями:  $2\pi \approx 6$ . Менее точные вычисления называют оценкой порядка величины. Например, число Авогадро  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ моль}^{-1} \sim 10^{24} \text{ моль}^{-1}$ ; скорость света  $c = 3 \times 10^8 \text{ м/с} \sim 10^8 \text{ м/с}$ . Запоминание порядков величин способствует более глубокому пониманию наук. Для исследователя оценка порядков величин это путь к выяснению, какие процессы и эффекты нужно учесть при выполнении исследования, а какими можно пренебречь как несущественными в данном случае [19].

### **1.2.6. Естествознание и нравственность**

Жизнь человеческого общества, развитие науки и естествознания нуждаются в регулировании действий и поведения среди людей посредством как правовых, так и нравственных норм.

Известны различные и многогранные взаимные связи естествознания и нравственности как системы социальных норм, которые регулируют поведение в обществе и направлены на его развитие и сохранение. Как и всякий человек, ученый-естествоиспытатель, подвергается двойному контролю: прежде всего со стороны государства (внешний контроль), социальной группы и всего общества, также самоконтроль (внутренний), который базируется на совести, развитом чувстве ответственности и нравственном идеале.

В человеческом обществе возникали различные нравственные идеалы, например, гармоническое единство разнообразных интересов в обществе, единство общественного и личного, царствование правды, справедливости, красоты и добра. Они постоянно менялись, обогащаясь жизненным опытом. В обществе рядом с правом действуют и "неписанные законы", которые составляют основу морали – правил

нравственности. Наука, как естествознание, оказывают сильное взаимное влияние с моралью.

Общество обязано ограничивать научный поиск, если его результаты входят в противоречие со сложившимся в нем представлениями о гуманности и нормами нравственности.

Ответа на вопрос о запрете постижения истины во имя спасения морали не существует. Часто приоритетность истины перед моралью обосновывается простым сравнением: мораль изменчива и относительна, а истина вечна и абсолютна. Но справедливость подобного довода очень сомнительна, так как всякая истина, включая и естественнонаучную, всегда относительна по объективным и субъективным причинам. Кроме того, далеко не каждая истина нужна людям, о чем хорошо сказал философ А. Шопенгауэр: "Вы превозносите достоверность и точность математики, но зачем мне с достоверностью знать то, что мне знать не нужно?".

### **1.3. Методы познания природы**

Методы научного познания природы дают возможность при определенных условиях делать обобщение фактов, формулировать общие выводы и проверять их. Существуют следующие методы познания природы:

1) *наблюдение*. Этот метод исторически появился первым. При наблюдении человек не вмешивается в изучаемый процесс. В значительной мере наблюдательными науками являются астрономия, метеорология, климатология и многие другие. Результаты наблюдений бывают качественными и количественными. Наблюдения помогают установить исходные для науки факты. С него начинается изучения явлений природы, но этим не заканчивается;

2) *эксперимент* – научно поставленный опыт в точно учитываемых условиях. При наблюдении это не всегда имеет место. Эксперимент предлагает строго контролируемое, целенаправленное и активное воздействия исследователя на изучаемый объект для выявления и изучения тех или иных сторон, свойств, связей. Эксперимент обладает большими возможностями по сравнению с наблюдением, и в этом смысле является более прогрессивным. Проведение эксперимента предполагает его планирование, построение, контроль, интерпретацию

результатов. Эксперимент преследует две взаимосвязанные цели: опытную проверку гипотез и формирование новых научных гипотез. По своим функциям эксперименты делятся на: исследовательские, проверочные (контрольные), воспроизводящие, изолирующие. По типу и характеру исследуемых объектов выделяют: социальные, химические, биологические и физические эксперименты.

В наблюдении и эксперименте, прежде всего, изучаются естественные объекты, что не всегда возможно и поэтому возникает необходимость опосредованного изучения объектов при помощи моделей;

3) *теория* – обобщает и согласовывает данные наблюдений и экспериментов. Она, как правило, *устанавливает количественные закономерности* и поэтому является математизированной. Качественными могут быть исходные идеи, аксиомы, постулаты и т. п.

Широкое распространение в современной науке получил мыслительный эксперимент – система мыслительных процедур, проводимых над идеализированными объектами. Мыслительный эксперимент – это теоретическая модель экспериментальных ситуаций. Здесь ученый оперирует не реальными предметами и условиями их существования, а их концептуальными образами;

4) *моделирование* – исследование явлений, процессов, объектов путем построения и изучения их моделей. Модель – это искусственно созданный объект в виде схемы, чертежа, логико-математических знаковых формул, физической конструкции и т. п., который, будучи подобен, исследуемому объекту, отображает и воспроизводит структуру, свойства, отношения и связи между элементами исследуемого явления в более простом, уменьшенном виде.

Модели бывают натурные и теоретические.

При проектировании объектов используется принцип подобия для создания их уменьшенных *натурных моделей* (например, модель здания, самолета).

*Теоретическая модель* – упрощенная, абстрактная картина явления природы или процесса (например, изучая движение реального тела, его часто рассматривают как материальную точку).

На основе рассмотренных методов научного познания природы строится *методология науки*:

1) наука начинается с накопления данных наблюдений и экспериментов;

2) теория осуществляет обобщение и объяснение накопленных данных, а также предсказывает новые эффекты, особенности и т. д. Если до нее существовала другая более простая теория, то последняя должна быть предельным случаем новой теории;

3) предсказания теории проверяются в новых наблюдениях и экспериментах;

4) соответствие теории наблюдениям и эксперименту свидетельствует о ее правильности. Поэтому критерием истины являются опыт и эксперимент;

5) если эксперимент не подтверждает отдельные предсказания теории, ее корректируют, добиваясь согласия с опытом.

#### **1.4. Фундаментальные принципы и законы природы**

Физика является основой естественных наук. Она составляет основу естествознания. В соответствии с разнообразием изучаемых форм материи и ее движения она подразделяется на физику плазмы, физику элементарных частиц, ядерную физику, физику твердого тела и т. д. На ее стыке с другими естественными науками возникли биофизика, астрофизика, геофизика, физическая химия и др.

*Одна из главных задач физики – выявление самого простого и самого общего в природе.*

В современном естествознании под *самым простым* обычно принято понимать первичные объекты: поля, элементарные частицы, атомы, молекулы, а под *самым общим* – движение, пространство и время, энергию и т. п.

Физика изучает разнообразные явления и объекты природы, и при этом *сложное сводится к простому, а конкретное – к общему*. Таким образом, устанавливаются универсальные фундаментальные законы. Их справедливость подтверждается как в земных условиях и в околоземном космическом пространстве, так и во всей Вселенной. Это является одним из важнейших признаков физики как фундаментальной науки. Физике принадлежит особое место среди естественных наук, и ее принято считать лидером естествознания.

В настоящее время известно большое количество естественных наук, которые отражают самые разные свойства различных объектов окружающей нас природы. Их классификация и иерархия всегда интересовали исследователей.

Основная особенность развития современной физики заключается в том, что наряду с классическими, развиваются квантовые представления о природе и свойствах вещества, на основании квантовой механики объясняются многие процессы, происходящие в микромире – в атоме, ядре и элементарных частицах. На этой основе появились новые направления в современной физике: квантовая теория твердого тела, квантовая электродинамика, квантовая оптика и многие другие.

#### ***1.4.1. Материя и движение, время и пространство***

Одной из главных задач естествознания является создание естественнонаучной картины мира в виде упорядоченной и целостной системы. Для решения этой задачи были введены и в настоящее время используются абстрактные и общие термины-понятия: материя, движение, время и пространство.

*Материя* – фундаментальное физическое понятие, – это многообразие всего, что действует на органы чувств человека и другие объекты (прямо или косвенно). Окружающая нас природа, все, что существует вокруг, являет собой материю, Материя тождественна реальности. Она включает в себя как непосредственно наблюдаемые тела и объекты окружающей природы, так и не данные людям в их ощущениях.

*Физические явления* – это изменения во времени, происходящие с различными формами материи.

Основной задачей физики является описание свойств различных видов материи и ее взаимодействия.

Главное и неотъемлемое свойство материи – движение. *Без движения не существует материи, и наоборот.*

*Движение материи* представляет собой всякие изменения, которые происходят с материальными объектами при их *взаимодействии*. В окружающем мире наблюдаются разные виды движения материи: механическое, колебательное, волновое, равновесные и неравновесные процессы, тепловое движение атомов и молекул, ядерные и химические реакции, развитие живых организмов, экосистем, биосферы и др.

Из материи образуется сложная иерархическая система материальных объектов разных масштабов и сложности. *Материя всегда имеет форму, она не может существовать в бесформенном виде.*

Основная особенность естественнонаучного познания состоит в том, что для ученых представляют интерес конкретные виды материи и движения, свойства разных материальных объектов, их характеристики, которые можно измерить с помощью приборов.

В настоящее время в естествознании исследователи различают следующие виды материи: вещество, физическое поле и физический вакуум.

*Вещество* представляет собой главный вид материи, который обладает массой покоя. Вещественными объектами являются атомы, молекулы, элементарные частицы и различные материальные объекты, образованные из них. В химической науке все виды вещества делятся на простые (состоят из атомов одного химического элемента) и сложные (их называют химическими соединениями). Свойства вещества определяются внешними условиями и интенсивностью взаимодействия атомов и молекул. Это обуславливает три разные агрегатные его состояния: твердое, жидкое и газообразное. При сравнительно высоких температурах формируется плазма. Переход вещества из одного состояния в другое принято рассматривать как один из видов движения материи.

*Физическое поле* представляет собой особый вид материи. Оно обеспечивает в природе физическое взаимодействие материальных объектов и их систем. Известны следующие физические поля: гравитационное, электромагнитное, поле ядерных сил, волновые (квантовые) поля, соответствующие различным частицам. В современном естествознании считается, что *источником физических полей* выступают разные частицы (например, в случае электромагнитного поля – это заряженные частицы). Создаваемые частицами физические поля переносят с конечной скоростью взаимодействие между ними. В современной квантовой теории взаимодействие вызывается обменом квантами поля между частицами.

*Физический вакуум* – это низшее энергетическое состояние квантового поля. Этот термин был введен для объяснения ряда микропроцессов в квантовой теории поля. Среднее число частиц (квантов поля) в вакууме равно нулю, но в нем могут рождаться виртуальные частицы, существующие короткое время (частицы в промежуточных состояниях). Эти частицы оказывают влияние на физические процессы. В физическом вакууме могут рождаться пары "частица – античастица" разных типов. В настоящее время подтверж-

дено экспериментально, что при большой концентрации энергии физический вакуум может взаимодействовать с реальными частицами. В современной науке предполагают, что из физического вакуума, который находился в возбужденном состоянии, образовалась Вселенная.

В окружающем мире наблюдаются *различные виды движения материальных объектов*. Их можно классифицировать, учитывая изменения свойств материальных объектов (включая их воздействия) на окружающую природу, Например:

- механическое движение;
- колебательное движение;
- волновое движение;
- распространение и изменение различных полей;
- тепловое движение атомов и молекул;
- равновесные и неравновесные процессы в макросистемах;
- фазовые переходы между агрегатными состояниями (плавление, парообразование и др.);
- радиоактивный распад;
- химические и ядерные реакции;
- развитие живых организмов и биосферы;
- эволюция звезд, галактик и Вселенной в целом.

В естествознании принято считать всеобщими универсальными *формами существования и движения материи время и пространство*.

Материальные объекты движутся (как происходят и разные реальные процессы) в пространстве и во времени.

Важнейшая особенность естественнонаучного представления об этих понятиях заключается в том, что время и пространство можно охарактеризовать количественно с помощью приборов.

*Время выражает порядок смены физических состояний* и является объективной характеристикой любого процесса или явления. Время – одно из основных понятий философии и физики. Это условная сравнительная мера движения материи, а также одна из координат континуума пространства-времени, вдоль которой протянуты мировые линии физических тел. Время – это то, что можно измерить с помощью многих различных приборов.

В количественном (метрологическом) смысле понятие время имеет три аспекта:

1) координаты события на временной оси. На практике это текущее время: календарное, определяемое правилами календаря, и время суток, определяемое какой-либо системой счисления времени (примеры: местное время, всемирное координированное время и др.);

2) относительное время, временной интервал между двумя событиями;

3) субъективный параметр при сравнении нескольких разночастотных процессов.

Временная характеристика реальных процессов основывается на постулате времени: одинаковые во всех отношениях явления происходят за одинаковое время.

В современном естествознании считается, что время всегда относительно. Из теории относительности следует: 1) при скорости, близкой к скорости света в вакууме, время замедляется – происходит релятивистское замедление времени; 2) сильное поле тяготения приводит к гравитационному замедлению времени. В обычных земных условиях такие эффекты чрезвычайно малы.

Важнейшим свойством времени является *его необратимость*. Прошлое во всех деталях и подробностях нельзя воспроизвести в реальной жизни – прошлое забывается. Время однонаправленно (говорят о "стреле времени").

По современным представлениям *необратимость времени* обусловлена сложным взаимодействием множества природных систем, в том числе атомов и молекул, и символически обозначается *стрелой времени*, "летающей" всегда из прошлого в будущее.

Необратимость реальных процессов в окружающей нас природе в термодинамике связывают с хаотичным движением атомов и молекул.

Понятие *пространства* гораздо сложнее понятия времени. Реальное пространство в отличие от одномерного времени, имеет три измерения, то есть оно *трехмерно*.

В трехмерном пространстве существует материя, выполняются фундаментальные законы природы.

В современной науке существуют гипотезы, согласно которым пространство Вселенной имеет много измерений, хотя из них *наши органы чувств способны ощущать только три*.

По аналогии с абсолютным временем И. Ньютон ввел понятие *абсолютного пространства*, которое существует независимо от находящихся в нем физических объектов и может быть совершенно

пустым, являясь как бы мировой ареной, где разыгрываются физические процессы. Свойства пространства определяются геометрией Евклида. Такое представление о пространстве лежит в основе практической деятельности людей. Пустое пространство идеально, в то время как реальный окружающий нас мир заполнен различными материальными объектами.

Идеальное пространство без материальных объектов лишено смысла даже, например, при описании механического движения тела, для которого необходимо указать другое тело *в качестве системы отсчета*. Механическое движение тел относительно. Абсолютного движения, как и абсолютного покоя тел, в природе не существует.

Пространство, как и время, относительно.

Согласно теории относительности, Вселенная имеет три пространственных измерения и одно временное измерение. Эти все четыре измерения связаны органически в единое целое, являясь почти равноправными и, в определенных рамках, способными переходить друг в друга при смене системы отсчета наблюдателем. Из данной теории следует относительность одновременности двух событий, происшедших в разных точках пространства, а также относительность измерений длин и интервалов времени, произведенных в разных системах отсчета, движущихся относительно друг друга. Специальная теория относительности объединила пространство и время в *единый континуум пространство – время*. Основанием для такого объединения служит принцип относительности и постулат о предельной скорости передачи взаимодействий материальных объектов – скорости света в вакууме, примерно равной 300 000 км/с.

Считается, что в рамках общей теории относительности пространство-время имеет единую динамическую природу. Его взаимодействие со всеми остальными физическими объектами (телами, полями) – есть гравитация. Теория гравитации в рамках этой и других метрических теорий гравитации есть теория пространства-времени, полагаемого не плоским, а способным динамически менять свою кривизну.

В соответствии с современными представлениями пространство-время непрерывно и с точки зрения математики представляет собой многообразие с Лоренцевой метрикой [6].

В соответствии с общей теорией относительности свойства пространства – времени зависят от наличия материальных объектов.

Любой материальный объект *искривляет пространство*, которое можно описать не геометрией Евклида, а сферической геометрией Римана или гиперболической геометрией Лобачевского. Предполагается, что вокруг массивного тела при очень большой плотности вещества искривление становится настолько существенным, что пространство – время как бы "замыкается" локально само на себя, отделяя данное тело от остальной Вселенной и образуя черную дыру, которая поглощает материальные объекты и электромагнитное излучение. На поверхности черной дыры для внешнего наблюдения время как бы останавливается. В современных представлениях в естествознании предполагается, что в центре нашей Галактики находится огромная черная дыра. Существует и другая точка зрения. Известный российский ученый Логунов А. А. утверждает, что искривления пространства-времени нет, а происходит искривление траектории движения объектов, обусловленное изменением гравитационного поля.

#### **1.4.2. Принципы современной физики**

##### **Принцип симметрии**

В науке под симметрией понимают однородность, пропорциональность, гармонию любых материальных объектов. Противоположное понятие – асимметрия. Любой материальный объект содержит элементы симметрии и асимметрии. Рассмотрим некоторые примеры симметрии в физике, химии и биологии.

В физике понятие симметрии определяется таким образом: если физические законы не меняются при преобразованиях, которым может быть подвергнута система или объект, то считается, что эти законы обладают симметрией (инвариантны) относительно этих преобразований.

Симметрии разделяют на внутренние и пространственно-временные. Первые относятся только к микромиру.

Основные пространственно-временные симметрии следующие:

1) *сдвиг времени*. Изменение начала отсчета не изменяет физических законов. Время однородно по всему пространству;

2) *сдвиг системы отсчета пространственных координат*. Все точки пространства равноправны, и пространство однородно;

3) *поворот системы отсчета пространственных координат* сохраняет физические законы – значит, пространство изотропно;

4) принцип относительности Галилея устанавливает симметрию между покоем и равномерным прямолинейным движением;

5) обращение знака времени не изменяет фундаментальных законов в макромире. В макромире наблюдается необратимость процессов, обусловленная их связью с неравновесным состоянием Вселенной.

Симметрии в химии проявляются в геометрической конфигурации молекул, что определяет химические и физические свойства молекул. Большинство простых молекул имеют оси симметрии, плоскости симметрии. Например, молекула аммиака  $\text{NH}_3$  представляет собой правильную треугольную пирамиду, молекула метана  $\text{CH}_4$  – правильный тетраэдр. Представления о симметрии важны при анализе строения комплексных соединений, их свойств и поведения.

Симметрии в биологии изучаются давно. Большую важность представляет структурная симметрия биообъектов, которая проявляется в виде какого-либо закономерного повторения. В живой природе на низших этапах развития встречаются представители всех классов точечной симметрии – правильные многогранники, шары и т. д. На более высоких ступенях эволюции в природе встречаются биообъекты (животные и растения) больше частью с аксиальной (характеризуются осью симметрии – медуза, цветок флокса) и актиноморфной симметрией. Последние характеризуются – осью симметрии и пересекающимися на этой оси плоскостями (например, бабочка с двусторонней симметрией).

В природе и науке хорошо известна симметрия кристаллов, которая определяется симметрией их атомного строения. Это свойство кристаллов как бы совмещаться с собой в различных положениях путем поворотов, отражений, параллельных переносов.

Немецким математиком Э. Нетер в начале XX в. была доказана фундаментальная теорема, устанавливающая связь между свойствами симметрии и законами сохранения. Ее суть: непрерывными преобразованиями в пространстве-времени, оставляющими инвариантным действие, являются: сдвиг во времени, сдвиг в пространстве, трехмерное пространственное вращение, четырехмерные вращения в пространстве-времени. Согласно теореме: из инвариантности относительно сдвига во времени следует закон сохранения энергии; из инвариантности относительно пространственных сдвигов – закон сохранения импульса; из инвариантности относительно пространственного вращения – закон

сохранения момента импульса; инвариантность относительно преобразований Лоренца (четырёхмерные вращения в пространстве-времени) – обобщенный закон движения центра масс – центр масс релятивистской системы движется равномерно и прямолинейно. Эта теорема относится как к пространственно-временным симметриям, так и к внутренним: к примеру, при всех превращениях элементарных частиц сумма электрических зарядов частиц сохраняется неизменной.

### **Принцип относительности**

Важную роль в развитии естествознания сыграл принцип относительности, впервые сформулированный Г. Галилеем для механического движения: механическое движение относительно, и его характер зависит от системы отсчета.

Система, в которой выполняется первый закон Ньютона, называется *инерциальной системой отсчета*. Такая система либо покоится, либо движется прямолинейно и равномерно относительно какой-то другой системы, неподвижной или движущейся прямолинейно и с постоянной скоростью. Если системы отсчета движутся относительно друг друга равномерно и прямолинейно и в одной из них справедливы законы динамики Ньютона, то такие системы инерциальные. Для инерциальных систем выполняется *механический принцип относительности Галилея*: во всех инерциальных системах отсчета законы классической динамики имеют одинаковую форму, уравнения динамики при переходе от одной инерциальной системы к другой не изменяются. В обобщенном виде принцип относительности формулируется таким образом: все инерциальные системы отсчета равноправны между собой в отношении протекания физических процессов, то есть физические процессы не зависят от равномерного и прямолинейного движения системы отсчета.

Вместе с принципом относительности в физике утвердились понятия *инвариантности, инвариантов, симметрии* и их связь с фундаментальными законами сохранения.

*Инвариантность* – это неизменность физических величин или свойств объектов природы при переходе от одной системы отсчета к другой.

В специальной теории относительности постулируется инвариантность законов природы и скорости света в вакууме. Законы природы и скорость света не изменяются в результате преобразований

координат и времени. *Специальная теория относительности* включает постулаты:

1) *принцип относительности*: никакие опыты в данной инерциальной системе отсчета не дают возможности обнаружить, покоится ли эта система или движется равномерно и прямолинейно; все законы природы инвариантны по отношению к переходу от одной инерциальной системы к другой;

2) *принцип инвариантности скорости света*: скорость света в вакууме не зависит от скорости движения источников света или наблюдателя и одинакова во всех инерциальных системах отсчета.

*Специальная теория относительности* выходит за рамки привычных классических представлений о пространстве и времени, поскольку они не соответствуют принципу постоянства скорости света. Пространство и время в ней несут не абсолютный, а относительный характер. Из специальной теории относительности следуют необычные пространственно-временные свойства: относительность длин и промежутков времени, относительность одновременности событий.

*Общая теория относительности* – это развитие специальной теории относительности. Из нее следует, что свойства пространства-времени зависят от поля тяготения.

При переходе к космическим масштабам геометрия пространства – времени может изменяться от одной области к другой *в зависимости от концентрации масс материальных объектов и их движения*. Считается, что в поле тяготения пространство – время *обладает кривизной*. Слабой кривизне соответствует ньютоновская гравитация, определяет, например, движение планет Солнечной системы. В *сильных гравитационных полях*, создаваемых массивными космическими объектами, искривление пространства – времени становится существенным. При этом если такой объект совершает колебательное или вращательное движение, *кривизна периодически изменяется*. Распространение таких изменений в пространстве порождает *гравитационные волны*.

По современным квантово-механическим представлениям подобно тому, как электромагнитная волна представляет собой поток фотонов, квантование гравитационной волны соответствует гравитону – частице с нулевой массой покоя. До настоящего времени гравитационные волны и гравитоны экспериментально не обнаружены. Их обнаружение является одним из направлений фундаментальных естественнонаучных исследований астрономии.

## Принципы неопределенности и дополнительности

Согласно классической механике любая частица движется по определенной траектории так, что в любой момент времени можно определить ее координату и импульс. Микрочастицы, обладающие волновыми свойствами, существенно отличаются от классических частиц. Одно из основных различий состоит в том, что нельзя говорить о движении микрочастицы по определенной траектории и об одновременных точных значениях ее координаты и импульса. Это следует из корпускулярно-волнового дуализма. Например, понятие "длина волны в данной точке пространства" не имеет физического смысла, а так как импульс определяется через длину волны, микрочастица с определенным импульсом имеет неопределенную координату и на оборот.

Немецкий физик В. Гейзенберг (1901 – 1976), учитывая волновые свойства микрочастиц сформулировал *принцип неопределенности*: микрочастица (микрообъект) не может иметь одновременно определенный импульс  $p$  и определенную координату  $x$ , при этом их неопределенности удовлетворяют условию  $\Delta x \Delta p \geq h$ . Согласно принципу неопределенностей, чем точнее фиксируется импульс, тем значительнее будет неопределенность по координате, и наоборот. Соотношение неопределенностей включает классические характеристики движения частицы (координату, импульс) с учетом ее волновых свойств, оно не ограничивает познание микромира, а только указывает, насколько применимы к нему понятия и законы классической механики.

Принцип неопределенности является фундаментальным законом микромира. Его можно считать частным выражением принципа дополнительности.

*Принцип дополнительности* является основополагающим в современной физике. Понятие дополнительности было введено в науку Н. Бором в 1928 г.: получение экспериментальных сведений об одних физических величинах, которые описывают микрообъект (элементарную частицу, атом, молекулу), всегда связано с потерей информации о ряде других величин, дополнительных к первым.

Люди в своей деятельности практически всегда оперируют принципом дополнительности. Например, для характеристики многих физических процессов используются одновременно две величины. Так, при оценке движения материальной точки – координата точки и ее

скорость. Одна величина как бы дополняет другую. Это характерно практически для любых движущихся материальных объектов.

Те состояния, в которых взаимно дополняющие величины могли бы иметь одновременно точно определенные значения, принципиально невозможны. При этом если одна из таких величин точно определена, то значения другой неопределенны. Поэтому, фактически принцип дополнительности отражает объективные свойства квантовых систем, не связанные с наблюдателем. В общей форме принцип дополнительности формулируется так: в области квантовых явлений наиболее общие физические свойства какой-либо системы должны быть выражены с помощью дополняющих друг друга пар независимых переменных, каждая из которых может быть лучше определена только за счет соответствующего уменьшения степени определенности другой.

### **Принципы причинности и соответствия**

В классическом представлении принцип причинности означает: состояние механической системы в начальный момент времени с известным законом взаимодействия частиц есть *причина*, а ее состояние в последующий момент – *следствие*.

Для микрообъектов в квантовой механике их состояние полностью определяется волновой функцией в данный и последующие моменты времени. Главная особенность квантовой теории заключается в вероятностном подходе к описанию состояния микрочастиц.

Для квантово-механического описания микрообъектов используется волновая функция, введенная Э. Шредингером в 1926 г. Ее физическую интерпретацию дал немецкий физик М. Борн (1882 – 1970): квадрат волновой функции определяет вероятность нахождения частицы в данный момент времени в определенном ограниченном объеме. Это означает, что состояние системы микрочастиц, которое определяется в квантовой механике, однозначно вытекает из предшествующего состояния, как того требует принцип причинности.

С развитием науки, накоплением, расширением и углублением знаний новые теории становятся более точными, они охватывают все более широкие области материального мира и проникают в ранее неизведанные глубины. На смену динамическим теориям приходят статические. Как известно, каждая фундаментальная теория имеет определенные границы применимости. Поэтому появление новой

теории не означает полного отрицания старой. Например, движение тел в макромире со скоростями существенно меньшими скорости света, всегда хорошо будет описываться классической механикой Ньютона. Но при релятивистских скоростях, соизмеримых со скоростью света, механика Ньютона неприменима. Объективно в природе имеет место преемственность фундаментальных физических теорий. В этом заключается *принцип соответствия*, который можно сформулировать таким образом: любая новая теория не может быть справедливой, если она не содержит в качестве предельного случая старую теорию, относящуюся к тем же явлениям, поскольку старая теория уже оправдала себя в своей области.

### **1.4.3. Фундаментальные законы Ньютона**

#### **Законы динамики**

Классическая механика Ньютона играет до сих пор важнейшую роль в развитии естествознания. Она объясняет множество физических явлений и процессов в окружающей природе, является основой огромного количества технических достижений. На ее основе формировались естественнонаучные методы исследований в различных отраслях естествознания.

*Первый закон Ньютона:* всякая материальная точка (тело) сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока воздействие со стороны других тел не заставит ее изменить это состояние. Стремление тела сохранить состояние покоя или равномерного прямолинейного движения называется инертностью или инерцией. По этой причине первый закон Ньютона часто называют *законом инерции*.

*Второй закон Ньютона:* ускорение, приобретаемое материальной точкой (телом), пропорционально вызывающей его силе и обратно пропорционально массе материальной точки (тела). Второй закон Ньютона справедлив только в инерциальных системах отсчета.

*Третий закон Ньютона* определяет взаимодействие между материальными точками (телами): всякое действие материальных точек (тел) друг на друга носит характер взаимодействия; силы, с которыми действуют друг на друга две материальные точки, всегда равны по модулю, противоположно направлены и действуют вдоль прямой,

соединяющей эти точки:  $F_{12} = -F_{21}$ . Эти силы приложены к разным материальным точкам (телам), всегда действуют парами и являются силами одной природы. Этот закон позволяет осуществить переход от динамики отдельной материальной точки к динамике системы материальных точек, характеризующихся парным взаимодействием.

Законы Ньютона позволяют решить многие задачи механики (естествознания) – от простых до сложных.

По современным представлениям классическая механика имеет свою область применения: ее законы выполняются для относительно медленных движений тел, скорость которых много меньше скорости света в вакууме. Практика показывает: истинность законов классической механики не вызывает сомнений.

#### **1.4.4. Фундаментальные взаимодействия материальных объектов**

*Взаимодействие* является основной причиной движения материи, по этой причине оно универсально, как и движение. Оно присуще всем материальным объектам независимо от их природного происхождения и системной организации. Особенности различных взаимодействий определяют условия существования и специфику свойств материальных объектов в природе.

В настоящее время известно четыре вида взаимодействия: электромагнитное, гравитационное, слабое и сильное.

Объекты при взаимодействии обмениваются энергией и импульсом, которые являются основными характеристиками их движения. В классической физике взаимодействие определяется силой, с которой один материальный объект действует на другой.

В естествознании долгое время считалось, что взаимодействие материальных объектов, находящихся на любом расстоянии друг от друга, осуществляется мгновенно через пустое пространство. Это – *концепция дальнего действия*.

В настоящее время в естествознании экспериментально подтверждена новая концепция – *близкого действия*, согласно которой взаимодействия материальных объектов в природе происходит с конечной скоростью (не превышающей скорости света в вакууме) посредством физических полей. Эта, так называемая, *полевая*

концепция в квантовой теории поля, дополняется таким утверждением: в природе любое взаимодействие сопровождается обменом особых частиц – квантами поля.

*Гравитационное взаимодействие* – первое из известных фундаментальных взаимодействий, Оно обуславливает взаимное притяжение любых материальных объектов, которые имеют массу, передается с помощью гравитационного поля и определяется законом всемирного тяготения, который был сформулирован И. Ньютоном. Этот закон описывает падение материальных тел в поле тяготения Земли, движение планет Солнечной системы, звезд и т. п. С увеличением массы вещества гравитационные взаимодействия возрастают.

Гравитационное взаимодействие – наиболее слабое из всех известных современной науке взаимодействий. Однако эти взаимодействия определяют строение всей Вселенной: образование всех космических систем; существование планет, звезд и галактик.

Все материальные объекты (тела, частицы и поля) участвуют в гравитационном взаимодействии, оно универсально и этим определяется его важная роль в природе.

В соответствии с квантовой теорией поля гравитационное взаимодействие переносится *гравитонами* – частицами, имеющими нулевую массу и называемыми квантами гравитационного поля.

*Электромагнитное взаимодействие*, как и *гравитационное*, является универсальным и существует между любыми телами в микро-, макро- и мегамире. Оно вызывается электрическими зарядами, его передача осуществляется с помощью электрического и магнитного полей. В природе электрическое поле появляется при наличии электрических зарядов, а магнитное – в результате их движения.

Электромагнитное взаимодействие в физике описывают с помощью фундаментальных законов электростатики и электродинамики: законами Ампера, Кулона и другие, а в обобщенном виде – посредством электромагнитной теории Дж. Максвелла, которая связывает магнитное и электрическое поля. Переменное магнитное поле порождает изменяющееся электрическое поле. Последнее, в свою очередь, порождает переменное магнитное поле.

Благодаря электромагнитному взаимодействию возникают атомы и молекулы, происходят химические превращения вещества. Химические реакции представляют собой проявление электромагнитных взаимо-

действий и являются результатами перераспределения связей между атомами в молекулах, а также количества и состава атомов в молекулах разных веществ. Различные агрегатные состояния вещества, упругость, трение и другие определяются силами межмолекулярного взаимодействия, электромагнитными по своей природе. В соответствии с квантовой электродинамикой электромагнитное взаимодействие переносят *фотоны* – кванты электромагнитного поля с нулевой массой покоя.

Внутри ядра атома проявляются сильные и слабые взаимодействия. Связь нуклонов в ядре атома обеспечивает *сильное взаимодействие*. Его величина определяется ядерными силами, которые обладают насыщением, короткодействием, зарядовой независимостью и другими свойствами. Сильное взаимодействие обеспечивает стабильность атомных ядер, удерживая нуклоны (протоны и нейтроны) в ядре и кварки внутри нуклонов. Ядро тем стабильнее, чем сильнее взаимодействие нуклонов в ядре и тем больше его удельная энергия связи. С помощью сильного взаимодействия ученые объяснили, почему протоны ядра атома не разлетаются под действием электромагнитных сил отталкивания. При увеличении количества нуклонов в ядре и, соответственно, размера ядра, происходит уменьшение удельной энергии связи и ядро может распадаться, что и происходит с ядрами элементов, находящихся в конце таблицы Менделеева.

В настоящее время полагают, что сильное взаимодействие осуществляется *глюонами* – частицами, которые "склеивают" кварки, входящие в состав нейтронов, протонов и ряда других частиц.

*Слабое взаимодействие*, как и сильное, действует только в микромире. В этом взаимодействии принимают участие все элементарные частицы, кроме фотона. Оно вызывает большую часть распадов элементарных частиц, взаимодействие нейтрино с материей и ряд других процессы. Оно проявляется, главным образом, в процессах бета-распада атомных ядер большинства изотопов, свободных нейтронов и т. д. Его открытие произошло вслед за открытием радиоактивности.

В современном естествознании принято считать, что слабое взаимодействие переносится частицами с массой в 100 раз больше массы нейтронов и протонов – промежуточными векторными бозонами (*W-ионы*).

Количественно фундаментальные взаимодействия в физике обычно характеризуют с помощью безразмерной константы взаимодействия, определяющей величину взаимодействия и радиус действия (табл. 1.1) [10].

**Характеристики фундаментальных взаимодействий**

Тип взаимодействия	Источник	Константа взаимодействия	Радиус действия, м
Гравитационное	Масса	$10^{-38}$	$\infty$
Электромагнитное	Электрически заряженные частицы	$10^{-2}$	$\infty$
Сильное	Частицы, входящие в состав ядра атома (протоны, нейтроны)	1	$10^{-15}$
Слабое	Элементарные частицы	$10^{-14}$	$10^{-18}$

Из таблицы видно, что гравитационное взаимодействие гораздо слабее других фундаментальных взаимодействий. Радиус действия его неограничен. Оно не играет существенной роли в микропроцессах и в то же время является доминирующим для материальных объектов с большими массами (планет, звезд, галактик и т. п.). Электромагнитное взаимодействие гораздо сильнее гравитационного, хотя его радиус действия также неограничен. Для сильного и слабого взаимодействий характерно короткодействие. Сильное взаимодействие проявляется только в пределах размеров ядра ( $10^{-15}$  м), а слабое – на гораздо меньшем расстоянии –  $10^{-18}$  м.

Одна из важнейших задач современного естествознания – *создание единой теории фундаментальных взаимодействий*, объединяющей не только электромагнитное и слабое, но и сильное, и слабое взаимодействия. Решение такой довольно сложной задачи потребует синтеза естественнонаучных знаний о материальных объектах разных масштабов – от элементарных частиц до Вселенной.

Единая теория фундаментальных взаимодействий обеспечит концептуальное обобщение знаний об окружающем мире.

В естествознании предполагается, что при относительно больших энергиях взаимодействия частиц (до  $10^{19}$  ГэВ) или при чрезвычайно высокой температуре материи все четыре фундаментальных взаимодействия характеризуются одинаковой силой, то есть представляют собой одно взаимодействие, определяемое "суперсилой". Предполагается также, что такие экстремальные условия существовали в начальный момент зарождения Вселенной. При ее расширении и быстром охлаждении образовавшегося вещества единое взаимодействие разделилось на известные в настоящее время четыре принципиально отличающиеся друг от друга взаимодействия, которые определили структурную организацию материи в нынешнем ее представлении.

#### **1.4.5. Свойства пространства – времени и законы сохранения**

Для понимания законов, явлений и процессов, происходящих в природе, очень важен принцип инвариантности относительно сдвигов в пространстве и во времени, то есть параллельных переносов начал координат и отсчета времени. Он формулируется так: смещение во времени и в пространстве не влияет на протекание физических процессов.

Инвариантность структуры, свойств, формы материального объекта относительно его преобразований называется симметрией. Примером пространственной симметрии материальных систем является кристаллическая структура твердых тел. Она обусловлена атомным строением, внешней формой и физическими свойствами кристаллов. Симметрия свойств кристалла обусловлена симметрией его строения.

Из принципа инвариантности относительно сдвигов в пространстве и во времени следует *симметрия пространства и времени*, называемая *однородностью* соответственно пространства и времени. Однородность пространства заключается в том, что при параллельном переносе в пространстве замкнутой системы тел как целого ее физические свойства и законы движения не изменяются, иными словами, не зависят от выбора положения начала координат инерциальной системы отсчета.

Для количественного описания движения тела используется понятие импульса. Он определяется произведением массы тела на его

скорость. Из свойства однородности пространства следует *закон сохранения импульса*: импульс замкнутой системы не изменяется с течением времени. Этот закон справедлив как для объектов классической физики, так и для замкнутых систем микрочастиц, подчиняющихся принципам квантовой механики. Импульс сохраняется и для незамкнутой системы, если геометрическая сумма всех внешних сил равна нулю.

Закон сохранения импульса носит универсальный характер и является фундаментальным законом природы.

Однородность времени означает инвариантность физических законов относительно выбора начала отсчета времени. Из однородности времени следует *закон сохранения механической энергии*: в системе тел, между которыми действуют только консервативные силы, полная механическая энергия не изменяется со временем.

Консервативные силы действуют только в потенциальных полях, характеризующихся тем, что работа, совершаемая действующими силами при перемещении тела из одного положения в другое, не зависит от того, по какой траектории оно перемещалось, а определяется его начальным и конечным положением.

Если работа, совершаемая силой, зависит от траектории перемещения тела из одной точки в другую, то такая сила называется диссипативной (к ней относится, например, сила трения).

В диссипативных системах механическая энергия постепенно уменьшается из-за преобразования ее в другие (немеханические) формы энергии. Такой процесс называется *диссипацией или рассеянием энергии*. В природе все реальные системы диссипативные.

В системе, в которой действуют консервативные и диссипативные силы, *полная механическая энергия системы не сохраняется*. Однако при убывании механической энергии всегда возникает эквивалентное количество энергии другого вида, например тепловой. Таким образом, *энергия никогда не исчезает и не появляется вновь, она лишь превращается из одного вида в другой*. В этом заключается физическая сущность *закона сохранения и превращения энергии* – неуничтожимость материи и ее движения, поскольку энергия – универсальная мера различных форм движения и взаимодействия.

Другое важное свойство симметрии пространства – его *изотропность*. Оно означает инвариантность физических законов

относительно выбора направления осей координат системы отсчета, т.е. относительно ее поворота в пространстве на любой угол.

Вращательное движение механической системы описывается с помощью *момента импульса*. Например, для материальной точки момент импульса определяется произведением ее импульса на радиус вращения.

Из изотропности пространства следует фундаментальный закон природы – *закон сохранения момента импульса*: момент импульса замкнутой системы не изменяется с течением времени.

Различные виды симметрии в природе являются предметом теоретических исследований разных свойств материальных объектов микро-, макро- и мегамира с применением довольно сложного и абстрактного математического аппарата.

### 1.5. Практические задания

1. Наиболее широко в современном естествознании для описания положения (местоположения) и движения частицы используют *координатный способ*, который использует понятия "система отсчета" и "координаты точки".

Сделайте вывод о том, чем при координатном способе характеризуют местоположение частицы (точки)  $M(x_1; y_1)$  в двумерном пространстве (на плоскости).

2. Помимо координатного способа описания местоположения в современном естествознании также используют векторный способ описания движения частицы (материального объекта).

Сделайте вывод о том, чем при векторном способе характеризуют изменение местоположения частицы (точки)  $M(x_1; y_1)$  (перемещение тела) в двумерном пространстве (на плоскости).

3. Приведите примеры и поясните, как при траекторном способе характеризуют изменение местоположения частицы (материального объекта).

4. На практике для характеристики перемещений в пространстве, помимо кривых первого порядка – прямых линий, используют кривые второго порядка, уравнения которых в прямоугольной системе координат являются уравнениями второй степени. Приведите примеры и поясните.

5. Сравнивая виды поступательного механического движения материальных объектов вдоль прямой линии, сделайте вывод о том, чем они различаются.

Один из вариантов выводов, который может быть сформулирован по результатам эксперимента:

1) в случае, если мы имеем дело с прямолинейным равномерным поступательным движением вдоль одной координаты, то движение частицы происходит с постоянной скоростью (материальная точка за равные промежутки времени проходит одинаковые расстояния);

2) в случае, если при движении частицы вдоль одной координаты изменение скорости происходит не пропорционально времени и, соответственно, мы имеем дело с прямолинейным неравномерным поступательным движением вдоль одной координаты, то в этом случае скорость и ускорение являются функциями времени.

6. Рассмотрите поступательное движение материального объекта (или частицы) когда скорость движения, а, соответственно и ускорение, меняются во времени по какому-то закону.

Проанализируйте графики, характеризующие, как изменяется координата  $X$ , скорость и ускорение частицы при поступательном движении вдоль оси координат  $OX$ , для случаев, представленных в табл. 1.2. Определите путь, пройденный частицей за 20 с.

Таблица 1.2

**Данные для выполнения задания**

№ п/п	Вид поступательного движения	Начальная скорость, м/с	Постоянное ускорение, м/с <sup>2</sup>
1	Равномерно ускоренное	0	2
2	Равномерно ускоренное	60	2
3	Равномерно замедленное	60	-2
4	Равномерное	60	0

7. При криволинейном сложном движении наиболее компактным способом описания траектории является кривая, описываемая концом радиус-вектора  $\vec{r}$  во все моменты времени –  $\vec{r}(t)$ . Поэтому понятия

скорости и ускорения частицы часто удобно представлять с точки зрения векторного способа описания частицы.

Сделайте вывод о том, чем характеризуют движение частицы, которая одновременно участвует в нескольких независимых движениях вдоль координат  $OX$  и  $OY$ .

Один из вариантов выводов, который может быть сформулирован по результатам эксперимента:

1) движение частицы, когда она совершает сложное движение, которое называется криволинейным, определяют положения частицы, компоненты ее векторов ее скорости и ускорения по осям  $OX$ ,  $OY$ ;

2) кроме мгновенных значений скорости, перемещения, ускорения по координатам  $X$  и  $Y$ , движение частицы, когда она совершает сложное движение, можно характеризовать модулем вектора скорости и ускорения.

8. Для отображения информации могут использоваться объемные (3D) рельефные карты, дающие объемное трехмерное изображение местности. Используя программу в Matlab из практического занятия, проанализируйте, как выглядит фрагмент рельефа, представленный в объемном трехмерном виде, и его вид сверху, окрашенный цветами, соответствующими высоте.

### **Контрольные вопросы**

1. Сформулируйте (определите) понятия: 1) естествознание, 2) наука, 3) мировоззрение, 4) религия.

2. Поясните, как условно в современном естествознании делится единая система знаний человека.

3. Что такое системный подход (метод)?

4. Что такое междисциплинарный метод?

5. Что такое научная картина мира? Какие вы знаете? Кратко поясните.

6. Поясните, что такое парадигма? Как и где она существует и развивается?

7. Назовите и кратко поясните основные методы познания окружающей природы.

8. Поясните фундаментальные понятия: самое простое и самое общее.

9. Назовите и кратко охарактеризуйте основные виды материи.
10. Поясните понятия: пространство и время. Назовите их основные особенности.
11. Поясните понятия: материя, движение.
12. В чем заключается важнейшая концепция современного естествознания?
13. Назовите и поясните фундаментальные законы Ньютона.
14. Поясните структуру микромира.
15. Поясните особенности и отличия слабого и сильного фундаментальных взаимодействий в природе.
16. Сформулируйте принцип относительности. Поясните в чем суть?
17. Что такое наука? Каковы функции науки?
18. Какие специфические черты характеризуют науку? В чем состоит отличие науки от обыденного познания?
19. Какие уровни научного исследования выделяют в современном естествознании?
20. В чем состоит основное отличие концепции от закона, теории и гипотезы?
21. Что изучает естествознание? Какие этапы выделяют в развитии естествознания?
22. В чем заключается разница между фундаментальными и прикладными науками?
23. Что в современном естествознании понимают под научной картиной мира?
24. В чем заключается единство эмпирического и теоретического знания?
25. Что составляет основу научной теории?
26. Поясните отличия сильного и электромагнитного фундаментальных взаимодействий в природе.
27. Что такое научная картина мира? Назовите основные.
28. Поясните принципы современной физики.
29. Назовите основные виды фундаментальных взаимодействий в природе.
30. Поясните отличия гравитационного и электромагнитного фундаментальных взаимодействий в природе.
31. Определите следующие понятия в естествознании: 1) концепция, 2) парадигма, 3) философия.

## **2. Основы концепций представления статистической физической картины макромира, естественнонаучные и цивилизационные проблемы энергетики**

### **2.1. Основы естественнонаучных представлений термодинамики, статистической и молекулярной физики**

В природе происходят явления, внешне часто косвенно напоминающие механическое движение. Такие явления наблюдаются при изменении температуры различных материальных объектов (тел), или при переходе их из одного агрегатного состояния (например, твердого) в другое (жидкое или газообразное). Их называют тепловыми. Они оказывают огромное влияние в окружающей нас природе: жизни людей, животного и растительного мира.

В современном естествознании исследования тепловых явлений и различных свойств природных макросистем позволяют проводить на основе двух качественно различных, но взаимно дополняющих подходов (методов): *термодинамического и статистического* (молекулярно-кинетического). Первый из них лежит в основе науки, называемой *термодинамикой*, второй – *молекулярной физики*.

Современные термодинамические и статистические методы описания свойств природных макросистем дополняют друг друга и широко используются при решении различных естественнонаучных задач.

#### **Основные положения термодинамических представлений**

*Термодинамика* – это наука о тепловых явлениях, в которой не учитывается молекулярное строение тел и тепловые явления характеризуются параметрами, регистрируемыми приборами (термометром, манометром и другие), которые не реагируют на воздействие отдельных молекул. Термодинамика изучает наиболее общие свойства макроскопических тел и систем, которые находятся в состоянии термодинамического равновесия а также процессы перехода из одного состояния в другое. С помощью законов термодинамики характеризуют тепловые свойства материальных объектов (тел), в которых очень велико количество молекул. Эти тела в естествознании называют *макросистемами*. Примерами макросистем являются, например, кирпич

и отдельная песчинка, вода или любая жидкость в емкости, медный (стальной, оловянный и другие) прут и т. п.

Для характеристики тепловых свойств макросистем применяются термодинамические параметры (параметры состояния): температура, давление и удельный объем (объем единицы массы). В физике такие параметры называют *функциями состояния системы*. Условием равновесия каких-либо систем или частей одной системы является равенство температур во всех точках. Для фиксации состояния однородных газа или жидкости необходимо задание любых двух из трех величин: давления  $p$ , температуры  $T$ , объема  $V$ . Функциональная связь между ними называется уравнением состояния.

*Температура* – это физическая величина, которая характеризует состояние термодинамического равновесия макроскопической системы. В современном естествознании принято использовать две температурные шкалы – *термодинамическую* и *Международную практическую*, которые градуированы в кельвинах (К) и в градусах Цельсия ( $^{\circ}\text{C}$ ) соответственно. В современном естествознании утверждается, что 0 К (абсолютный нуль) в природе недостижим, но сколь угодно близкое приближение к нему возможно.

### **Основные положения современных молекулярно-кинетических представлений**

Молекулярно-кинетические представления о строении и свойствах макросистем в современном естествознании основаны на трех основных положениях:

1) любой материальный объект (тело), находящийся в твердом, жидком или газообразном состоянии состоит из огромного числа очень маленьких частиц – молекул (атомы можно рассматривать как одноатомные молекулы);

2) молекулы любого вещества находятся в постоянном беспорядочном, хаотическом, не имеющем какого-либо преимущественного направления движении;

3) интенсивность движения молекул в веществе, которая определяется скоростью их движения, зависит от температуры вещества.

Количественным отражением молекулярно-кинетических представлений в физике являются известные эмпирические газовые законы

(законы Шарля, Авогадро, Бойля – Мариотта, Гей-Люссака, Дальтона), уравнение состояния Клапейрона – Менделеева, основное уравнение кинетической теории идеальных газов, закон Максвелла для распределения молекул и др.

Из основного уравнения молекулярно-кинетической теории следует очень важный вывод: средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы идеального газа прямо пропорциональна его термодинамической температуре и зависит только от нее:  $E = 1,5 kT$ , где  $k$  – постоянная Больцмана;  $T$  – температура. Это соотношение показывает, что при температуре  $T = 0$  К средняя кинетическая энергия молекул равна нулю, а это значит, что в таком случае прекращается поступательное движение молекул газа, и, тогда, его давление равняется нулю. Поскольку молекулы любого вещества находятся в постоянном беспорядочном (хаотическом), не имеющем какого-либо преимущественного направления движения, то  $E \neq 0$ , то есть  $T \neq 0$ , что и означает невозможность достижения абсолютного нуля температуры (0 К) в природе.

Термодинамическая температура является мерой кинетической энергии поступательного движения молекул идеального газа, а представленная формула  $E = 1,5 kT$  отражает молекулярно-кинетическое понимание температуры.

### **Основные термодинамические законы**

Любая термодинамическая система в каждом из состояний *обладает внутренней энергией*, состоящей из:

- 1) энергии теплового движения молекул (поступательного, вращательного и колебательного);
- 2) потенциальной энергии, определяющей их взаимодействие.

Внутренняя энергия любой термодинамической системы в природе при ее взаимодействии с внешними телами может изменяться двумя способами:

- 1) совершение работы;
- 2) теплообмен.

В науке известно, что в природе действует закон сохранения механической энергии, отражающий процесс превращения энергии. Тепловое движение является тоже механическим (оно не направленное, но хаотическое). Тогда при всех превращениях должен выполняться

закон сохранения энергии внешних и внутренних движений. Это утверждение представляет собой основное положение *первого начала термодинамики*: количество теплоты  $Q$ , переданное телу, расходуется на совершение телом работы  $A$  и на увеличение его внутренней энергии  $U$ , то есть  $Q = U + A$ .

Из этого начала термодинамики следует важный вывод: невозможен вечный двигатель первого рода, то есть такой двигатель, который совершал бы работу "из ничего", без внешнего источника энергии. Если имеется внешний источник, то часть энергии всегда переходит в энергию теплового, хаотического движения молекул, а это и есть причина невозможности полного превращения энергии внешнего источника в полезную работу.

В отличие от механического движения все тепловые процессы в природе *являются необратимыми*: для них невозможны обратные процессы, в которых реализуются те же тепловые состояния, но только в обратном направлении. *Обратимые процессы* в природе происходят как в прямом, так и в обратном направлении. Такие процессы являются идеализацией реальных процессов, при протекании которых всегда теряется некоторая часть энергии (на теплопроводность, трение и т. д.).

В природе любая система, если она предоставлена самой себе, стремится перейти в состояние *термодинамического равновесия*. В нем тела по отношению друг к другу находятся в состоянии покоя и обладают одинаковыми давлением и температурой.

Условием равновесия нескольких (двух и более) систем или двух частей одной системы является равенство температур во всех точках. Так формулируется *нулевое начало термодинамики*. По достижении равновесия, система из него не выходит без внешнего воздействия.

Если система тел, находится в термодинамическом равновесии, то в ней невозможны никакие реальные процессы без внешнего вмешательства. Поэтому, с помощью тел, которые находятся в термодинамическом равновесии, нельзя совершить никакой работы, поскольку она связана с механическим движением, то есть с превращением тепловой энергии в кинетическую. Утверждение о невозможности выполнения работы за счет энергии тел, которые находятся в термодинамическом равновесии, составляет основу *второго начала термодинамики*.

В окружающей нас природе имеются колоссальные запасы тепловой энергии. Если бы двигатель работал только за счет энергии

находящихся в тепловом равновесии тел, то он был бы практически вечным двигателем. Возможность создания такого вечного двигателя второго рода исключает второе начало термодинамики.

В нем вводится в рассмотрение совсем другая функция состояния – энтропия. Этот термин был предложен Р. Клаузиусом (греч. *entropia* означает "превращение").

Необратимость тепловых процессов в окружающем мире носит вероятностный характер. Переход тела из равновесного состояния в неравновесное без внешнего воздействия (самопроизвольный) *невозможен, а лишь очень маловероятен*. Необратимость тепловых процессов вызывается колоссальным числом молекул, из которых состоят тела. Молекулы газа стремятся к наиболее вероятному состоянию. Оно характеризуется беспорядочным распределением молекул, при котором примерно одинаковое их число движется во всех направлениях. При этом в каждом объеме находится примерно одинаковое количество молекул, равная доля медленных и быстрых молекул во всех частях какого-либо сосуда. Любое отклонение от равномерного и беспорядочного перемешивания молекул по скоростям и положениям (от такого хаоса), связано с уменьшением вероятности, и представляет собой *менее вероятное событие*. И наоборот, процессы, которые связаны с перемешиванием, с образованием хаоса из порядка, *увеличивают вероятность состояния*.

В естествознании утверждается, что только лишь при наличии внешнего воздействия может рождаться порядок из хаоса (порядок вытесняет хаос).

Для количественной характеристики теплового состояния системы в физике введено понятие *термодинамической* вероятности  $W$ , которая равна количеству микроскопических способов, с помощью которых оно может быть достигнуто. Любая система, если она предоставлена самой себе, стремится перейти в состояние с большим значением  $W$ . В физике принято пользоваться не вероятностью  $W$ , а *энтропией системы*, определяемой как  $S = k \ln W$  ( $k$  – постоянная Больцмана).

Возрастание энтропии для необратимых процессов есть *следствие перехода системы от менее вероятного состояния к более вероятному*, при этом состояние равновесия выступает как наиболее вероятное.

Второе начало термодинамики, которое определяет направление тепловых процессов, формулируется *как закон возрастания энтропии*:

процессы в неживой и живой природе в целом сопровождаются ростом энтропии в замкнутых изолированных системах; при этом максимальное значение энтропии замкнутой системы достигается в тепловом равновесии:  $\Delta S \geq 0$ .

Все естественные процессы в окружающем мире происходят с возрастанием вероятности состояния. Это означает переход от порядка к хаосу и поэтому говорят, что энтропия характеризует меру хаоса, которая *для всех естественных процессов возрастает*.

При абсолютном нуле температуры энтропия принимает значение, которое не зависит от давления, фазового состояния и других характеристик вещества. Такое значение можно считать равным нулю. Это утверждение называется *тепловой теоремой*. Она не следует из первых двух начал термодинамики, поэтому в силу своей общности теорема рассматривается как *третье начало термодинамики*. М. Планк сформулировал ее в виде утверждения: энтропия всех тел в состоянии равновесия стремится к нулю по мере приближения температуры к нулю Кельвина:  $\lim S = 0$ .

Теоремой Нернста завершается построение классической термодинамики. Естественнонаучные проблемы настоящего времени привели к созданию совершенно новой отрасли естествознания – *неравновесной термодинамики*.

## **2.2. Открытые системы и неравновесная термодинамика**

В окружающей природе все материальные системы являются *открытыми*. Между ними и окружающей их средой постоянно происходит обмен веществом, энергией, информацией и импульсом. Наиболее важным (и наглядным) типом открытых систем являются химические системы. В них постоянно протекают химические реакции (при этом извне происходит приток реагентов, а отводятся продукты взаимодействия). Живые организмы и биологические системы в современном естествознании рассматриваются также как открытые химические системы. Такой подход к биологическим системам и живым организмам дает возможность изучать процессы их жизнедеятельности и развития, используя законы физической и химической кинетики и термодинамики неравновесных процессов.

Открытые системы в неорганической природе участвуют в обмене с различными системами внешней среды, которые обладают энергией и веществом. В гуманитарных и социальных системах кроме этого происходит и обмен информацией. Обмен информацией имеет место также в биологических системах, к примеру, при передаче генетической информации.

Поскольку в открытых системах протекают необратимые процессы, то в них также изменяется энтропия. При этом она выводится в окружающую среду, а не накапливается, как в закрытых системах. Энтропия для открытых систем в неравновесном состоянии (локально-неравновесное состояние), вследствие аддитивности энтропии, она определяется как сумма значений энтропий отдельных малых элементов системы. Изменение термодинамических параметров системы от их равновесных значений вызывают в ней потоки вещества и энергии. Эти процессы (переноса) вызывают производство энтропии, то есть ее рост в системе. В замкнутых системах производство энтропии стремится к нулю, поскольку энтропия всегда растет и стремится к своему равновесному максимальному значению.

В открытой системе могут быть состояния с постоянной энтропией (при ее постоянном производстве и она должна при этом отводиться из системы) – это так называемые *стационарные состояния*. В термодинамике открытых систем они играют такую же роль, как и в термодинамике равновесных процессов термодинамическое равновесие для изолированных систем. В таком состоянии энтропия открытых систем хотя и остается постоянной (отвод энтропии компенсирует ее производство), однако оно не соответствует ее максимуму.

Очень важные свойства открытых систем обнаруживаются при нелинейных процессах, когда в них возможно появление устойчивых термодинамически неравновесных состояний, далеких от состояния термодинамического равновесия, которые характеризуются определенной диссипативной структурой (временной или пространственной упорядоченностью). Для существования такой структуры необходим постоянный обмен энергией и веществом с окружающей средой [19].

Австрийский физик Э. Шредингер, (1887 – 1961 гг.), показал, что в основе образования биологических структур лежат законы физики. Он подчеркивал, что для биологических систем характерен обмен энергией и веществом с окружающей средой. Непрерывное извлечение

упорядоченности из окружающей среды является средством, с помощью которого организм поддерживает себя на достаточно низком уровне энтропии (или на достаточно высоком уровне упорядоченности).

Система, взаимодействующая со средой, не может оставаться замкнутой, так как она вынуждена получать новую энергию или вещество извне и в тоже время выводить использованное вещество и отработанную энергию в окружающую среду. В процессе своего развития система постоянно обменивается энергией с окружающей средой, и поэтому увеличивает свою энтропию, которая удаляется в окружающую среду, а не накапливается в ней (в отличие от закрытых систем). Такие материальные образования (структуры), которые способны рассеивать энергию, называют *диссипативными*.

Неравновесность в системе растет при поступлении нового вещества или энергии. В итоге, прежняя связь между элементами системы, определяющая ее структуру, рушится и новые связи рождаются между элементами. Они приводят к коллективному поведению ее элементов, то есть к кооперативным процессам. Таким образом, можно схематически представить *процессы самоорганизации* в открытых системах [19].

Процессы самоорганизации наглядно иллюстрируются работой лазера: относительно хаотические колебательные движения частиц в кристалле вследствие поступления извне энергии приводятся в согласованное движение, а это вызывает увеличение мощности излучения лазера. Исследуя процессы самоорганизации, которые протекают в лазере, физик Г. Хакен назвал новое научное направление *синергетикой*, (в переводе с древнегреческого – "совместное действие" или взаимодействие).

Отметим, что рождение диссипативных структур имеет пороговый характер. В неравновесной термодинамике показано, что пороговый характер связан с неустойчивостью. Рождающаяся новая структура всегда возникает из флуктуации и является результатом неустойчивости. Такой процесс характеризуют как принцип образования порядка через флуктуации. Поскольку флуктуации имеют случайный характер, то появление нового в природе всегда связано с действием случайных факторов. В неравновесной термодинамике установлено, что способность к самоорганизации является общим свойством всех открытых систем в природе, в которых возможен обмен энергией с окружающей

средой. И источником упорядоченности именно является неравновесность.

Совместимость способности природных систем к самоорганизации и второго начала термодинамики является одно из важнейших достижений неравновесной термодинамики.

Обнаружение явления самоорганизации в простейших природных неорганических системах, в первую очередь в химии и физике, имеет очень важное научное и мировоззренческое значение. Оно подтверждает то, что подобные процессы могут быть в основе материи, и тем самым указывает на взаимосвязь неорганической и органической природы. Возникновение жизни на Земле с позиций самоорганизации не представляется в настоящее время случайным и редким явлением. Стало понятным, что Вселенная и вообще весь окружающий нас мир, представляют собой совокупность различных самоорганизующихся процессов, которые являются основанием всякой эволюции.

Важно понимать, что чем выше система по лестнице эволюции, тем более многочисленными, разнообразными и сложными становятся факторы, которые являются важными в самоорганизации.

Математик Клод Шеннон при создании математической теории информации применял понятие энтропии для определения критической скорости передачи информации и создания "помехоустойчивых кодов". Подход с использованием вероятностной функции энтропии (из статистической термодинамики) выявился важным и продуктивным и в других направлениях естествознания (в химии, биологии и ряде других наук).

Понятие энтропии очень важно и для осмысления многих явлений природы и также человеческой деятельности. В настоящее время ясно, что с применением вероятностной функции энтропии возможно проводить анализ всех стадий перехода системы из состояния полного хаоса (ему соответствуют равные значения вероятностей и максимальное значение энтропии) в состояние предельно возможной упорядоченности (ему соответствует единственно возможное состояние элементов природной системы).

С позиций протекающих физико-химических процессов в живой материи (организме) ее можно рассматривать в качестве сложной открытой системы, которая находится в неравновесном и нестационарном состоянии. Характерным для живой материи в природе является сбалансированность процессов обмена, которые ведут к уменьшению

энтропии. Однако, поскольку жизнь не сводится к простой совокупности физико-химических процессов и ей свойственны многие другие сложные процессы саморегуляции, то с помощью понятия энтропии невозможно охарактеризовать жизнедеятельность в целом.

### 2.3. Естественнонаучные проблемы современной энергетики

Определим сначала основные физические понятия, относящиеся к энергетике.

Количественной мерой взаимодействия материальных объектов в природе (частиц в частности) служит *сила*. Сила – это векторная физическая величина, являющаяся мерой интенсивности воздействия на данное тело других тел, а также полей, то есть она есть результат взаимодействия материальных объектов в природе. Сила, приложенная к массивному телу, является причиной изменения его скорости или возникновения в нем деформаций. Если приложить силу, то тело можно переместить на некоторое расстояние. Действие силы может вызывать ускорение частицы или тела и изменение формы (деформацию) тела.

Все силы, с которыми имеет дело механика, обычно условно подразделяют на *контактные силы*, возникающие при непосредственном соприкосновении частиц (силы давления, трения), и *силы физических полей*, создаваемых взаимодействием полей и частиц (силы гравитационные, электромагнитные).

Всякая частица (материальный объект) "оказывает сопротивление" при попытках изменить ее скорость как по модулю, так и по направлению. Это свойство, которое выражает степень сопротивления частицы изменению скорости, называют *инертностью*. Мерой инертности может служить величина, называемая *массой*. Частица с большей массой является более инертной и наоборот.

С взаимодействием материальных объектов также связано и то, что мы обозначаем в "бытовом" понимании фразой: "совершаем усилия". В естествознании для описания усилий, прилагаемых для получения результата, применяется самый термин – "*работа*". Если под действием силы тело перемещается на некоторое расстояние, то сила совершает над этим телом *механическую работу*.

Механическая работа ( $A$ ) – скалярная физическая величина, которая определяется произведением абсолютных значений постоянно

действующей на тело силы  $F$  и перемещения  $s$ , которое совершает это тело в направлении действия силы:  $A = F \times s$ . Работа измеряется в единицах системы СИ  $\text{кг} \times \text{м}^2 / \text{сек}^2 = \text{Н} \times \text{м}$ , которая в физике получила название "джоуль" (Дж).

В общем случае, если частица (тело) под действием силы  $\vec{F}$  совершает перемещение по некоторой криволинейной траектории между точками 1 и 2, вектор силы  $\vec{F}$  в процессе движения может изменяться по модулю и направлению. В этом случае рассматривают элементарное перемещение  $d\vec{r}$  (где  $\vec{r}$  – радиус вектор частицы), в пределах которого силу  $\vec{F}$  можно считать постоянной. Действие силы  $\vec{F}$  на перемещение  $d\vec{r}$  характеризуют величиной, равной скалярному произведению  $(\vec{F} \times d\vec{r})$ . Эту величину называют элементарной работой  $\delta A$  силы  $\vec{F}$  на перемещение  $d\vec{r}$ .

Для определения способности совершать усилие, кроме работы, используют понятие *энергия* (термин энергия ввел в 1850 году ученый К. Юнг). Оно происходит от греческого слова "энергос" – деятельный.

*Работа характеризует процесс, как последовательную смену состояний, а – состояние механической системы.*

Процесс – это последовательная смена состояний объекта во времени. Термин "работа", как физическая величина, употребляется в двух смыслах:

1) процесс перемещения тела под действием силы из одной точки в другую;

2) либо физическая величина, характеризующая этот процесс мерой изменения энергии при переходе из одного состояния в другое.

Каждому определенному состоянию материального объекта (тела) соответствует определенная энергия. Переход из одного состояния в другое сопровождается *изменением энергии*.

В современном понимании об энергии можно говорить как о некой функции состояния, которая описывает взаимодействие элементов какой-то более общей системы. Так как вокруг нас существуют различные природные движения, состояние которых характеризуется энергией, например, воздушные течения, то в этом плане, можно говорить, что ветер – источник энергии. Кинетическая энергия воды, движущейся в реках, являет собой гидроэнергетический ресурс. Если

имеется состояние, когда внутри материального объекта есть движение микрочастиц, составляющих это тело, то можно говорить о его тепловой энергии.

*Энергия материального объекта* – это и то, что в нем "сосредоточено и может быть использовано". Это некий ресурс тела, возможный для использования. *Энергия – это внутреннее свойство (способность, возможность) людей и тел совершать работу.* Поэтому можно говорить о количестве энергии, заключенной в неподвижном теле, но нельзя – о количестве работы в нем. Например, Солнце обладает огромными запасами энергии. Эта энергия превратится в работу тогда, когда Солнце своим излучением начнет что-то нагревать.

Потребление энергии, то есть преобразование ее в работу, необходимую человеку, является необходимым условием существования человечества. История нашей цивилизации – это история освоения все новых источников энергии и изобретения все новых и новых способов освобождения энергии (преобразования ее в работу).

В природе существует колоссальное количество разных материальных ресурсов, среди которых существуют *энергоресурсы* – материальные объекты, в которых "сосредоточена" энергия, которую, при определенных условиях, можно использовать для нужд человека. К энергоресурсам можно отнести, например, различные органические виды топлива, уголь, нефть, газ.

Энергия, которая характеризует состояние (как и масса, длина) – это физическая величина, это не объективная реальность, а именованное число, придуманное людьми для количественного выражение состояния (свойства), характеристики чего-то математически.

*Мощность* – это работа, совершаемая силой за единицу времени. С ее помощью, в частности, можно определять, кто быстрее человек или подъемный кран поднимет весь груз на определенную высоту и тем самым определить, мощность какого подъемного механизма больше. Мощность используется для характеристики скорости, с которой совершается работа. Если за промежуток времени  $dt$  сила  $\vec{F}$  совершает работу  $\vec{F}d\vec{r}$ , то учитывая, что  $d\vec{r}/dt = \vec{v}$ , для мощности получаем  $P_N = (\vec{F} \times \vec{v})$ . В естествознании для оценки мгновенной мощности, характеризующей быстроту совершения работы, пользуются отно-

шением элементарной работы  $dA$  к элементарному промежутку времени

$$dt: P_N = \frac{dA}{dt}.$$

В случаях, когда мощность мало зависит от времени, часто используют понятие *средней мощности*, определяемой за все время совершения работы по формуле  $P_{NCP} = A/(t_2 - t_1)$ .

Единицей измерения мощности в СИ является ватт (Вт), равный мощности силы, совершающей работу в 1 Дж за 1 с.

Для характеристики процесса преобразования энергии (состояния) в работу (процесс), то есть для описания преобразования энергетического потока в выполняемую работу в естествознании используют понятия *источника энергии* (двигателя) и *стока энергии* (исполнительные звенья рабочей машины, рабочие органы). Обычно эти понятия условны. Например, винт самолета по отношению к двигателю является стоком энергии, а по отношению ко всему самолету источником.

Для среды обитания на Земле основным *источником энергии* является Солнце, которое обеспечивает почти неизменный уровень энергии. На поверхность Земли поступает энергия с интенсивностью  $1360 \text{ Дж/м}^2$  в секунду.

В окружающем мире существует много различных форм энергии. Однако в настоящее время, несмотря это разнообразие, для ее производства применяются в основном *три вида источников*:

- 1) ископаемые источники топлива (нефть, природный газ, уголь),
- 2) ядерное топливо;
- 3) восстанавливаемые источники: Солнце, движущиеся вода и ветер, и др.

На нашей планете уровень развития экономики и благосостояние общества напрямую зависят от качества и количества потребляемой энергии. Почти вся трудовая деятельность людей требует потребления энергии: для добычи полезных ископаемых, выплавки из них разных металлов, для различного строительства и т. д. – повсюду требуется энергия. Потребности общества в энергии постоянно растут, число потребителей энергии все больше растет – все это является причиной необходимости увеличения объемов производства энергии. Природные энергетические ресурсы являются одним из главных источников обеспечения жизни.

Энергетические ресурсы обычно подразделяют на *возобновляемые* (считаются условно безграничными), – движения воздуха и воды в природе, излучение Солнца, природная флора и т. д., и *не возобновляемые*: уголь, нефть, газ – они небезграничны. Последние в окружающей природе формировались сотни миллионов лет. А при нынешних темпах их потребления они будут исчерпаны в течение десятков. Поэтому в настоящее время наряду с рациональным использованием энергии уже остро стоит задача поиска новых видов источников энергии и повышения эффективности преобразования и потребления энергии.

В настоящее время в естествознании на основе критериев, включающих виды материи, формы ее движения и виды взаимодействия, существует научно обоснованная классификация видов энергии и с ее помощью исследованы и оценены их всевозможные взаимопревращения. При этом выделяют следующие виды энергии:

1) аннигиляционная; 2) ядерная; 3) химическая; 4) гравитационная; 5) электростатическая; 6) магнитостатическая; 7) нейтриностатическая; 8) упругостная; 9) тепловая; 10) механическая; 11) электрическая (электродинамическая); 12) мезонная; 13) электромагнитная (фотонная); 14) гравидинамическая (гравитонная); 15) нейтринодинамическая.

Иногда в особый вид выделяют биологическую энергию. Однако биологические процессы – это лишь особая группа физико-химических процессов, в которых участвуют те же виды энергии, что и в других. Поэтому правильнее говорить о биологических преобразователях энергии – растениях и животных.

В настоящее время в естествознании предполагают существование "вакуумной энергии". Космический вакуум рассматривается как сверхплотная среда с мелкодисперсной структурой, а обычная материя – как ее разреженное состояние. При невообразимой плотности в  $10^{93}$  г/см<sup>3</sup> между "зернами" вакуума действуют огромные гравитационные силы, и энергия вакуума оказывается как бы "запечатанной". Чтобы возбудить вакуум и освободить эту энергию, надо сжать материю до огромной плотности, что в земных условиях пока не представляется возможным.

Из известных (перечисленных) видов энергии в настоящее время практическое использование имеют: ядерная, химическая, упругостная, гравитационная, тепловая, механическая, электрическая, электромагнитная, электростатическая и магнитостатическая. Непосредственно в настоящее время пока человеком используется в основном четыре

вида: тепловая (70 – 75 %), механическая (около 20 – 22 %), электрическая (около 3 – 5 %) и электромагнитная (световая) – менее 1 %.

Основным источником непосредственно используемых видов энергии в нашем обществе служит в настоящее время в основном *химическая энергия минеральных органических веществ* (уголь, нефть, природный газ и т. д.), запасы которой на Земле находятся на грани истощения. Поэтому на нашей планете уже очень остро стоит вопрос о новых источниках энергии и новых видах энергии, которые человек сможет использовать в своей деятельности.

Потребляемая человеком энергия является результатом преобразования иных типов (видов) энергии. Известны следующие основные способы ее преобразования:

1) получение тепла в результате сжигания ископаемого или растительного топлива и его потреблении;

2) преобразование тепловой энергии (из топлива) в механическую работу, к примеру, в результате сжигания составляющих переработки нефти для обеспечения движения разных механизмов, оборудования, машин, поездов, самолетов и т. д.;

3) преобразование тепла, которое получается в результате сгорания топлива или ядерном деления, *в электрическую энергию*. Впоследствии она потребляется для различных целей.

Главная особенность настоящего времени (развития человеческого общества), пожалуй, состоит в повсеместном и глобальном использовании электрической энергии как очень "удобного" вида энергии.

Электроэнергия производится самыми различными способами, например, на тепловых электростанциях за счет сжигания ископаемых ресурсов (уголь, нефтепродукты и др.), в результате преобразования энергии движущейся воды или ветра и т. п. Она выполняет роль некоего важного посредника между источниками энергии и его потребителями.

Потребление энергии в виде электричества в нашем обществе приводит к росту цен вследствие потерь при преобразовании энергии из одного вида в другой (подобно деятельности посредника на рынке, которая приводит к повышению цен). Важно понимать при этом, что в ряде случаев не представляется возможным использовать энергию эффективно, не преобразовав ее в электрическую.

В настоящее время значительная часть электрической энергии производится на тепловых электростанциях при сжигании ископаемого топлива (вырабатываются тепло и пар, который подается на

турбогенераторы для получения электроэнергии). Как топливо применяют уголь, нефтепродукты или газ, а на атомных электростанциях – ядерное топливо. Принципы работы разных электростанций во многом одинаковы. Они различаются способом получения тепла из первичного источника – ядерного или органического топлива.

В настоящее время одной из самых энергоемких отраслей промышленности является химическая. Одна из главных задач совершенствования технологий химических производств является повышение энергетического КПД процессов и аппаратов. Существуют различные способы ее решения: уменьшение количества стадий технологических процессов, оптимизация протекания химических реакций, понижение давления и температуры реакционного процесса, приближение к биологическим химическим процессам, разработка новых технологий.

Проблема сбережения энергии, которая становится все более важной, включает как сами химические процессы, так и технологический цикл производства конечного продукта, включающий добычу и первичную переработку природных ископаемых (сырья). Постепенно решать проблему сбережения энергии в настоящее время позволяют новейшие технологии и новые методы, модифицированные аппараты и установки. Сохранение энергетических ресурсов является неотъемлемой и важной задачей всех отраслей материального производства. Поиск, разработка и внедрение новых видов энергии, способов повышения эффективности производства энергии – основная задача настоящего и будущего времени. В последние годы в мире возрастает интерес к источникам энергии неорганического характера (в них не принимает участие химический процесс – горение). К ним относят, в основном, возобновляемые источники энергии: гидроисточники, использующие энергию движущейся воды (гидро- и гидроаккумулирующие электростанции, приливные электростанции), геотермальные источники, использующие энергию нагретой воды, гелиоисточники (используют энергию Солнца), ветровые установки (используют энергию движущихся масс воздуха), атомные электростанции.

### **Гелиоэнергетика**

Солнце обладает колоссальным запасом энергии. Наша планета получает очень малую часть ее – примерно  $2 \times 10^{17}$  Вт. Этой энергии достаточно для существования и развития самых разнообразных форм

живой материи и процессов в биосфере Земли [19]. В современной науке полагают, что наиболее эффективное использование энергии Солнца возможно, если мы достигнем воспроизведения природного процесса – фотосинтеза. В настоящее время вне растительной клетки в лабораториях уже производят фотохимическое разложение воды. Водород, который при этом образуется, является очень хорошим энергоносителем: среди нерадиоактивных веществ в природе он имеет наибольшую энергоемкость. В результате фотосинтеза в зеленых растениях из бедных энергией соединений – углекислого газа и воды – образуются органические вещества, сложные по структуре и имеющие большие запасы энергии. Из них синтезируются белки, жиры, целлюлоза и т. п. Сейчас более чем в 75 странах мира разрабатываются и осуществляются гелиоэнергетические программы. Перспективным направлением гелиоэнергетики является разработка фотоэлектрических элементов, которые преобразуют энергию электромагнитного излучения Солнца в электрическую.

В последние годы в мире развивается направление по широкому использованию **ветровой энергетики**. Энергия движущихся в земной атмосфере воздушных масс очень велика. Ее количество существенно превышает запасы энергии всех рек Земли. В наше время с применением ветровых установок вырабатывают незначительное количество производимой во всем мире электрической энергии. Новые технические решения последних десятилетий существенно расширили возможности для развития ветровой энергетики. Разработаны и работают высокопроизводительные ветровые установки, которые могут вырабатывать электроэнергию даже при очень слабом движении воздуха. Разработано много проектов ветровых агрегатов, существенно более совершенных, чем ветряные мельницы, и в них используются новейшие достижения ряда отраслей современного естествознания.

### **Атомная энергетика**

В настоящее время наше общество производит электроэнергию немногим более 20 % объема мирового ее производства на атомных электростанциях (АЭС). Ядерное топливо, в отличие от углеродсодержащих носителей энергии, представляет практический интерес для нас в основном для задач выработки электрической и тепловой энергии. Очень большие возможности для развития атомной энергетики

появляются при создании реакторов-размножителей на быстрых нейтронах (их называют бридерами, получение энергии сопровождается производством вторичного горючего – плутония). Это даст возможность кардинально решить задачу обеспечения ядерным топливом.

При термоядерном синтезе происходит выделение огромного количества энергии. К примеру, в результате деления ядра урана выделяется энергии около 0,84 МэВ на один нуклон, а при термоядерном синтезе дейтерия и трития – около 3,5 МэВ. Поэтому при термоядерных реакциях происходит выделяется наибольшее количество энергии на единицу массы "горючего".

Перспектива использования управляемого термоядерного синтеза многие годы привлекает усилия большого числа ученых и научных организаций. Ее реализация дает человеческому обществу доступ к поистине неисчерпаемому источнику энергии, которая содержится в ядрах атомов легких элементов. Ученые рассчитали, что только в Мировом океане запасено около  $4 \times 10^{13}$  т дейтерия, поэтому нам нужно надеяться, что проблема управляемого термоядерного синтеза в ближайшие годы или десятилетия будет успешно решена [19].

## 2.4. Эволюция Вселенной

Понятие *космос* взято для обозначения всего окружающего как структурно упорядоченного и организованного целого из философии древней Греции. В наше время это понятие включает в себя все, что расположено за пределами атмосферы Земли.

Часто космос называют Вселенной (место вселения человека). *Вселенная* представляет собой бесконечный в пространстве и времени окружающий нас мир. Она бесконечна своим многообразием форм заполняющего ее вещества и его превращений.

Изучение Вселенной в целом занимается наука астрономия. Основным методом получения знаний в астрономии является наблюдение. Эксперимент при изучении Вселенной, как правило, невозможен. В состав современной астрономии входят ряд более узких научных дисциплин – космология, астрономическая физика, астрономическая химия, радиоастрономия и др. Космология (от греч. *hosmos* – мир и *logos* – учение) представляет собой область науки, которая изучает Вселенную как единое целое, а космические системы – как ее

части. Она изучает и устанавливает упорядоченность окружающего мира и направлена на поиск законов его функционирования. Целью изучения Вселенной как единого упорядоченного целого является открытие этих законов. Космология тесно связана с космогонией (от греч. *kosmos* – мир, *gonos* – рождение). Это раздел астрономии, в котором изучается происхождение космических объектов и систем.

Окружающая нас природа (мир) едина, гармонична, она имеет многоуровневую организацию. Вселенная представляет собой *мегамир*. В современном естествознании нет четкой границы, которая однозначно разделяет микро-, макро- и мегамиры. Они взаимосвязаны, но при этом качественно отличаются. Например, Земля представляет макромир, но как одна из планет Солнечной системы она в тоже время является и элементом мегамира.

В современном естествознании Вселенную представляют в виде упорядоченной системы многочисленных отдельных взаимосвязанных элементов различного порядка, которые включают в себя различные небесные тела (звезды и их системы, планеты и их спутники, астероиды, кометы), системы звездных планет, скопления звезд, галактики [10].

*Звезды* являются гигантскими раскаленными самосветящимися небесными телами.

*Планеты* являются собой обращающиеся вокруг звезды холодные небесные тела.

*Спутниками планет* являются обращающиеся вокруг планет холодные небесные тела. Например: Солнце – является звездой, Земля представляет собой планету, а Луна – является спутником Земли.

Находящиеся в зоне сильного действия силы тяготения звезды небесные тела, образуют ее *планетную систему*. Например, Солнечная система является совокупностью небесных тел, которые обращаются вокруг Солнца под действием силы его тяготения, Это – планеты, их спутники, астероиды, кометы. Солнечная система состоит из 9 планет и их спутников, более 100 тысяч астероидов, огромного числа комет.

В состав Солнечной системы входят *астероиды (малые планеты)*, представляющие собой небольшие холодные небесные тела. Их диаметр составляет от 850 км до сотен метров, вокруг Солнца они обращаются по тем же законам, что и большие планеты.

*Кометы* – небесные тела, имеющие вид туманных пятнышек с ярким сгустком (ядром) в центре. Они также входят в состав Солнечной

системы. Размеры ядра комет составляют несколько километров. По мере приближения к Солнцу у ярких комет образуется хвост в форме светящейся полосы длиной до десятков миллионов километров.

Вместе со своими планетными системами и межзвездной средой звезды образуют *галактики*. *Галактика* представляет собой гигантскую систему звезд с их спутниками, состоящую из более, чем 100 млрд звезд, которые вращаются вокруг ее центра. Внутри галактики имеются скопления звезд (или *звездные скопления*). Это массивы (совокупности) звезд, которые разделены между собой расстоянием, меньшим, чем обычные межзвездные расстояния. В такой группе разные звезды имеют общее происхождение, они связаны общим движением в пространстве.

Трудновообразимая совокупность отдельных галактик и их скоплений представляет *метагалактику*. Понятия "метагалактика" и "Вселенная" в науке часто отождествляют. Иногда под понятием метагалактика понимается только видимая часть Вселенной, а Вселенная сводится к бесконечности. В современной науке существует гипотеза, согласно которой за пределами метагалактики существует космический вакуум. Эту форму материи затруднительно отнести ко Вселенной в силу того, что в нем не существует ни устойчивых элементарных частиц и атомов, ни звезд, ни галактик. Согласно этой гипотезе для окружающего (бесконечного) мира более адекватно философское понятие материального мира, составляющей (частью) которого является Вселенная или метагалактика.

Удаленные от нашей галактики на расстоянии нескольких миллиардов световых лет космические объекты, по излучаемой мощности превосходящие обычную галактику и имеющие относительно небольшие размеры называют *квазарами*. В настоящее время неясно, что это за объекты. Иногда их представляют в виде сверхгалактики, иногда – взорвавшимися галактиками, иногда – зародышами будущих галактик.

*Межзвездная среда*. Пространство между звездами заполнено видимыми и невидимыми лучами, магнитными полями, пылью, газами из различных атомов, ионов и молекул. Общая масса межзвездной среды поистине огромна, несмотря на то, что эта материя очень разрежена. Современными исследованиями установлено, что в межзвездных пространствах *преобладает водород*, он во много раз превосходит частицы всех остальных элементов, вместе взятых. В космосе этот газ

разрежен чрезвычайно сильно и распределен неравномерно: даже в межзвездном пространстве вблизи плоскости Галактики один атом водорода приходится на два-четыре кубических сантиметра.

*Нейтронные звезды* – предполагаемые наукой звезды, которые состоят из нейтронов. Считается, что, вероятно, они образуются в результате вспышек сверхновых звезд.

*Черные дыры* (их называют также "застывшими звездами", "гравитационными могилами") в современной науке представляют некие объекты во Вселенной, в которые, превращаются звезды на конечной стадии своего существования. Считается, что пространство черной дыры как бы вырвано из пространства метagalактики. Излучение и вещество "исчезают" в нем и обратно не могут "выйти".

В космологии при изучении объектов Вселенной, расположенных на сверхбольших расстояниях, для удобства (при их измерении) применяют специально введенные единицы:

♦ астрономическая единица (а. е.) – 150 млн км, представляет расстояние от Земли до Солнца и обычно используется для определения расстояний в космосе в пределах Солнечной системы. К примеру, расстояние от Солнца до Плутона (это самая удаленная от него планета) – 40 а. е.;

♦ световой год –  $10^{13}$  км, представляет расстояние, проходимое лучом света за один год и движущимся со скоростью 300 000 км/с; 1 а. е. равняется 8,3 световой минуты. В этих единицах определяют расстояние до космических объектов (например, до звезд) за пределами Солнечной системы;

♦ парсек (пк) – составляет расстояние в 3,3 световых года. Применяется для оценки (измерения) расстояний в звездных системах и между ними.

Для определения расстояний между галактиками применяют большие единицы – килопарсек (Кпк) –  $10^3$  пк, мегапарсек (Мпк) –  $10^6$  пк. Накопленные человеческим обществом сведения о Вселенной являются результатами наблюдений.

### **Происхождение и развитие Вселенной**

В настоящее время большая часть астрономов полагают, что звезды образуются в результате действия притяжения частиц (взаимного) газово-пылевых облаков, которые рассеяны во Вселенной. Выполнить эмпирическую проверку результатов исследований при

изучении Вселенной не представляется возможным. По этой причине выводы космологии называют моделями происхождения и развития Вселенной.

Основой современной космологии является эволюционный подход к изучению возникновения и развития Вселенной. Согласно ему в науке разработана модель расширяющейся Вселенной [10; 19].

Ученые, полагая, что Вселенная в настоящее время находится в состоянии расширения, на основе математических моделей, установили, что 12 – 14 млрд лет назад вся материя Вселенной была сконцентрирована в чрезвычайно малом объеме порядка  $10^{-33}$  см<sup>3</sup>, имела трудновообразимую плотность –  $10^{93}$  г/см<sup>3</sup> и температуру  $10^{27}$  К.

Первоначальное состояние Вселенной (его называют "сингулярной точкой") характеризуется практически бесконечными плотностью и кривизной пространства, сверхвысокой температурой.

В современном естествознании полагают, что наблюдаемая в настоящее время Вселенная возникла вследствие гигантского взрыва такой исходной космической материи. Это называют *Большим взрывом Вселенной*. Представление о Большом взрыве Вселенной является составной частью модели расширяющейся Вселенной. Эта концепция логично объясняет многие моменты развития Вселенной, однако она не дает ответа на вопрос, из чего она возникла. Эту задачу находит решение в теории инфляции.

Исходное состояние хаоса, будучи неустойчивым, вызвало взрыв, который породил скачкообразный переход к расширяющейся Вселенной.

Самый ранний этап развития Вселенной называют *инфляционным* [10; 19]. Он занимает промежуток времени до  $10^{-33}$  с после взрыва (он ничтожно мал). В начале трудновообразимо быстрого (стремительного) расширения во Вселенной возникает пространство и время. В это время она раздувается до гигантских размеров, которые превышают на несколько порядков радиус нынешней Вселенной. В это время полностью отсутствуют любые частицы вещества. Вселенная была пустой и холодной к окончанию фазы инфляции.

После инфляционной фазы в развитии Вселенной начался *горячий этап*. Огромный рост тепла был вызван трудновообразимым запасом энергии, заключенным в "ложном" вакууме. (Теория инфляции утверждает, что Вселенная возникла из ничего. "Ничего" в научной терминологии называют вакуумом.

Согласно современных научных представлений в вакууме отсутствуют физические поля, частицы и волны. Но в нем могут существовать виртуальные частицы, рождающиеся за счет энергии вакуума и сразу же исчезающие). Выделившаяся в виде излучения энергия после распада вакуума разогрела Вселенную до  $10^{27}$  К. С этого времени во Вселенной стали существовать известные ныне виды фундаментальных физических взаимодействий – гравитационное, электромагнитное, слабое и сильное.

*Ранний период развития Вселенной* завершается лептонно-фотонной эрой, во время которой частицы и античастицы аннигилируют, при этом порождаются фотоны и энергия. Это состояние было через 0,01 с после начала развития. Когда температура понизилась почти до 10 млрд градусов (в течение первой секунды) произошло отделение нейтрино и антинейтрино от газовой смеси произошло.

Процесс соединения и аннигиляции позитронов и электронов произошел на 14 секунде развития. Температура снизилась до 3 млн градусов. Положительный заряд протонов скомпенсировал избыток электронов. Определилось соотношение протонов и свободных нейтронов 8:1, оно сохранилось до настоящего времени. Во Вселенной установлено такое же соотношение водорода и гелия.

*Формирование ранней Вселенной* закончилось через 3 минуты 2 секунды с начала развития. *Этап медленного остывания* длился около 0,5 млн лет. Вселенная становилась все более разреженной, оставаясь при этом однородной. Когда ее температура опустилась до 3 тысяч градусов ядра водорода (протоны) и ядра атомов гелия уже могли превращаться в нейтральные атомы водорода и гелия, захватывая свободные электроны. Произошло отделение излучения от атомарного вещества и образовалось *реликтовое излучение*, которое сейчас существует в виде радиоволн сантиметрового диапазона, равномерно поступающих со всех точек небосвода (они не связаны с каким-либо радиоисточником). Возникла *однородная Вселенная*, которая является состоит из смеси *лептонов* (нейтрино и антинейтрино), *реликтового излучения* и *вещества* (атомов водорода, гелия и их изотопов).

Согласно современной науке, *переход от однородной Вселенной к структурной* проходил в течение примерно 3 млрд лет [19]. В это время, как полагают, в расширяющейся Вселенной случайно возникают уплотненные участки с постепенно возрастающей плотностью. Это при-

вело к возникновению крупномасштабных структур во Вселенной. Современные расчеты показывают, что из этих уплотнений должны были появиться плоские образования дискообразной формы. Они разрушались на более мелкие образования, которые стали основой (зародышами) галактик. Зародыши галактик разрушались на более мелкие образования, породившие зародыши звезд первого поколения.

Очень важным этапом развития Вселенной стало *образование совокупности всех химических элементов*, которые появились в процессе звездного нуклеосинтеза (в звездах). В звездах, называемых красными гигантами (их масса в несколько раз превышает массу Солнца), образовались тяжелые элементы.

Жизненный цикл этих звезд относительно короткий (составляет порядка десятка миллионов лет) и в результате сравнительно быстро происходит насыщение межзвездной среды химическими элементами тяжелее гелия.

На следующем этапе формирования объектов и структур Вселенной происходит *объединение атомов химических элементов в молекулы*. Эти процессы обусловлены электромагнитным взаимодействием. Они широко распространены во Вселенной. Образуются газовые межзвездные облака из молекулярного водорода и гелия, а из скоплений газов с пылинками – *газово-пылевые облака*.

Современные исследования позволили обнаружить в космосе различные органические молекулы, включая аминокислоты. Сейчас их число составляет более 50 видов в межзвездных облаках. Установлено также, что органические молекулы обнаруживаются во внешних оболочках ряда не очень горячих звезд и в материальных структурах (образованиях), температура которых мало отличается от абсолютного нуля. Таким образом, синтез молекул, включая органические, распространенное явление во Вселенной.

Современные исследования по изучению предельно далеких галактик дали важнейшие открытия, которые вызвали необходимость кардинального пересмотра представлений роли обычной материи во Вселенной и о динамике ее расширения. Установлено, что в настоящее время происходит ускоренное расширение Вселенной. Это ускорение, как полагают ученые, обусловлено *темной энергией*. Природа ее в настоящее время неизвестна.

## 2.5. Основы естественнонаучных представлений о Солнце и планете Земля

Наша Галактика называется *Млечный Путь*. Млечный Путь опоясывает весь видимый небосвод как гигантская светящаяся лента. Это довольно большая галактика, имеющая диаметр около 100 тыс. световых лет и включающая в себя более 100 млрд. звезд, в том числе Солнце. Полная масса Галактики равна 150 млрд солнечных масс. Более яркие, близкие звезды расположены тем гуще, чем они ближе к средней линии Млечного Пути. Среднюю линию Млечного Пути называют галактическим экватором. Плоскость галактического экватора – это плоскость симметрии нашей звездной системы.

### **Солнечная система**

В настоящее время проблема происхождения Солнечной системы все еще остается открытой. Существующие в науке основные гипотезы ее возникновения следующие:

1) планеты Солнечной системы сформировались путем объединения твердых, холодных тел и частиц, входящих в состав туманности, которая когда-то окружала Солнце;

2) спутники планет Солнечной системы образовались из множества частиц, которые окружали планеты;

3) орбиты всех планет являются почти круговыми и лежат в одной плоскости, совпадающей с экваториальной плоскостью Солнца. Общая масса всех планет Солнечной системы составляет около 2 % от массы Солнца.

### **Планеты Солнечной системы**

*Земная группа*: крупнейшими после Солнца объектами Солнечной системы являются планеты и их спутники. Их суммарная масса составляет 1/750 часть массы Солнца. Планеты Солнечной системы достаточно сильно отличаются друг от друга. Ближайшие к Солнцу планеты – Меркурий, Венера, Земля и Марс – называются твердыми планетами, поскольку имеют плотность, в 4 – 5 раз превышающую плотность воды, и твердую поверхность. Плутон представляет собой несформировавшуюся твердую планету, по своим характеристикам

напоминающую планеты первой группы. Кроме того, у Плутона есть спутник Харон, лишь в два раза меньший Плутона. Существуют предположения о большой десятой темной планете.

*Газовые:* Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун – газообразные, большие, с плотностью  $0,7 - 1,7 \text{ г/см}^3$  (чуть меньше или чуть больше плотности воды). Юпитер является крупнейшей планетой Солнечной системы. Масса Юпитера в три раза превосходит массу всех остальных планет Солнечной системы.

*Кометы, астероиды, метеорное вещество.* Кроме 9 крупных спутников (планет) Солнце имеет огромное количество мелких спутников, называемых астероидами. Большинство из них находится в поясе астероидов, между орбитами Марса и Юпитера и движутся по орбитам, подобным орбитам планет.

Солнечную систему пересекают кометы. По современным представлениям, кометы представляют собой огромные глыбы из льда и камня, которые испаряются при подходе к Солнцу и образуют газовый и пылевой хвосты, направленные от Солнца. Со временем кометы рассыпаются, оставляя после себя облака пыли.

## **Планета Земля**

Земля является объектом изучения многих наук: от сейсмологии и геологии до философии и культуры.

Наша Земля в настоящее время часто рассматривается как сфероид или эллипсоид вращения – шар, сплюснутый у полюсов и расширенный к экватору. В последние десятилетия было установлено, что истинная форма Земли сложнее из-за неоднородного строения недр и вращения Земли. Известный ученый Вернадский В. И. назвал такую форму геоид ("землеподобный"). Геоид представляет собой фигуру, поверхность которой везде перпендикулярна направлению силы тяжести. Поверхность геоида совпадает с уровнем Мирового океана и сообщающихся с ним морей при некотором среднем уровне воды, отсутствии течений, волн, приливов и др.

В настоящее время с использованием космической техники и методов исследования ученые с хорошей степенью точности могут составить модель поверхности Земли, которая учитывает неоднородность ее поверхности.

Назовем некоторые основные параметры Земли: полярный радиус Земли – 6 357 км; экваториальный радиус – 6 378 км (больше полярного на 21 км); земная ось – это воображаемая прямая, которая проходит через центр Земли. Две точки, через которые проходит ось Земли, называются полюсами. Их два – Северный и Южный; на одинаковом расстоянии от полюсов проходит воображаемая линия – экватор. К северу от экватора – Северное полушарие, к югу – Южное. Длина экватора составляет немногим более 40 000 км. Земная орбита (траектория) вокруг Солнца имеет форму эллипса. Среднее расстояние от Земли до Солнца 149,6 млн км. Ось вращения Земли наклонена к плоскости земной орбиты под углом  $66,5^\circ$ . Вследствие обращения Земли вокруг Солнца и постоянному наклону земной оси на нашей планете сменяются времена года и существуют пояса освещенности. Наблюдения показывают, что в нашу эпоху положение планеты в Солнечной системе практически не менялось и земной год – величина достаточно постоянная.

### **Понятие о литосфере Земли**

Земля состоит из земной коры, мантии и ядра. Литосфера (от греч. *lithos* – камень и *sphaire* – шар) – это верхняя твердая оболочка Земли, которая включая в себя земную кору и верхнюю часть мантии и составляет в среднем от 70 до 250 км

Верхняя часть литосферы – это земная кора, она не везде имеет одинаковую толщину. Различают два основных типа земной коры: материковый и океанический. Под океанами нижняя граница земной коры уходит на глубину около 510 км, под равнинами – на 35 – 45 км, а под горными массивами – до 70 км. Слои земной коры состоят из горных пород и минералов.

Под земной корой располагается слой толщиной около 3000 км, который называют мантией. На глубине 100 – 250 км под континентами и 50 – 100 км под океанами, располагается слой повышенной пластичности вещества, который называют астеносферой. В современной науке предполагается, что мантия имеет очень высокую температуру – до 2 000 °С и состоит из магния, железа и кремния.

Ядро Земли все еще остается загадкой для науки. Предполагается, что его радиус около 3 500 км и температуре около 4 000 °С.

## **Понятие о рельефе Земли**

Рельеф – это совокупность неровностей земной поверхности различного масштаба (их часто называют их формами рельефа). Он формируется в результате воздействия на литосферу внутренних (эндогенных) и внешних (экзогенных) процессов.

По современным научным представлениям, литосфера состоит из жестких подвижных плит, которые перемещаются по пластичной мантии. Границы между плитами бывают трех типов: 1 – океанические хребты (вдоль них на поверхность поднимается вещество мантии и формируется новое морское дно), 2 – желоба (вдоль них краевые части плит разрушаются, опускаясь в мантию) и 3 – трансформные разломы (они образуются в результате скольжения плит вдоль друг друга).

Основными формами рельефа Земли являются материки и океаны, а также горы и равнины, образование и динамика которых обуславливается тектоническими, космическими и планетарными процессами. В нынешнюю геологическую эпоху на нашей планете существует 6 материков – Евразия, Африка, Северная Америка, Южная Америка, Австралия и Антарктида, которые делят Мировой океан на 4 океана – Тихий, Атлантический, Индийский и Северный Ледовитый.

Горы образуются в результате тектонических поднятий, а равнины – в результате разрушения гор. Они расположены как на материках, так и в океанах. Поверхность Земли составляет 510 млн км<sup>2</sup>. На долю суши приходится около 29 % площади Земли. Все остальное (71 %) занимает Мировой океан.

Минеральные ресурсы литосферы громадные. В настоящее время используются немногим более 200 их различных видов, в основном, это углеродные (угольные), углеводородные (нефтяные и газовые) и различные рудные.

## **Понятие о гидросфере Земли**

Водная оболочка Земли, которая представляет собой совокупность океанов, морей, континентальных водных бассейнов (реки, озера, болота и др.), подземных вод, ледников и снежных покровов, называют гидросферой (от греч. *hydro* – вода и *sphaira* – шар).

В современной науке полагают, что гидросфера образовалась примерно 3 800 млн лет назад когда на нашей планете установилась

температура, при которой вода могла находиться в значительной мере в жидком агрегатном состоянии. В гидросфере примерно около 3 500 млн лет назад зародилась жидкая материя на нашей планете.

В состав гидросферы входят поверхностные и подземные воды. Поверхностные воды гидросферы покрывают 70,8 % земной поверхности и составляют 1/800 общего объема нашей планеты. К числу поверхностных вод относят Мировой океан, континентальные водные бассейны и материковые льды. Мировой океан включает в себя все моря и океаны Земли. Континентальные водные бассейны представляют собой реки, озера, болота, водохранилища. Они составляют 0,35 % от общей массы поверхностных вод гидросферы. Материковые льды составляют 1,65 % от общей массы поверхностных вод гидросферы, 99 % льда находится в Антарктиде и Гренландии. Общая масса снега и льда на Земле оценивается в 0,0004 % массы нашей планеты.

Подземные воды гидросферы содержат основной запас пресной воды на нашей планете. Ученые предполагают, что объем подземных вод примерно 28,5 млрд км<sup>3</sup>, что примерно в 15 раз больше, чем в Мировом океане. В настоящее время считается, что именно за счет подземных вод пополняются все поверхностные водоемы.

Гидросфера Земли выполняет важнейшие функции: 1) регулирует температуру планеты (благодаря одному из важных свойств воды – большой теплоемкости); 2) обеспечивает круговорот веществ (гидросфера находится в постоянном взаимодействии с атмосферой, земной корой и биосферой); 3) является составной частью биосферы; 4) является важнейшим источником биомассы.

### **Понятие об атмосфере Земли**

Атмосфера (от греч. *atmos* – пар, испарение и *sphaira* – шар) – это газовая оболочка Земли, состоящая из воздуха, в состав которого входит ряд газов и взвешенные в них частицы твердых и жидких примесей – аэрозолей. Она вращается вместе с планетой. Масса атмосферы составляет  $M_a \sim 5 \times 10^{18}$  кг. У поверхности Земли атмосфера состоит на 78 % (от общего объема) из азота N<sub>2</sub>, на 21 % – из кислорода O<sub>2</sub>, на 0,9 % – из аргона Ar и на 0,03 % – из углекислоты CO<sub>2</sub>, а также из других малых примесей. Такой состав имеет место на высотах  $z < 100$  км

(область гомосферы). На больших высотах (в гетеросфере) с увеличением высоты преобладают более легкие химические элементы O, He и H.

Причинами появления аэрозолей в атмосфере являются пыльные бури, извержения вулканов, пожары, метеоры, жизнедеятельность организмов, хозяйственная деятельность человека и т. д.

Атмосфера по своему составу неоднородна по высоте и горизонтальному распределению. По особенностям распределения температуры, плотности воздуха и некоторым другим параметрам различают следующие слои атмосферы: тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу и экзосферу. Высотные участки атмосферы, занимающие промежуточное положение между этими слоями, соответственно называют тропопаузой, стратопаузой и мезопаузой.

Основными параметрами атмосферы являются плотность  $\rho$ , давление  $p$  и температура газа  $T$ . Они связаны между собой барометрической формулой. Давление в атмосфере быстро убывает с увеличением высоты: каждые 15 км уменьшается на порядок, и на высоте 100 км оно в миллион раз меньше, чем у поверхности Земли. Выше начинается околоземный космос (геокосмос).

Основным источником тепла для атмосферы является поверхность Земли. Солнечная радиация сравнительно хорошо пропускается атмосферным воздухом к поверхности Земли, при этом она частично поглощается атмосферой – главным образом, водяным паром и озоном (при этом происходит ее нагрев).

Солнечная радиация, достигающая поверхности Земли, частично отражается от нее. Величина отражения зависит от отражающей способности конкретного участка земной поверхности, так называемого альбедо. Среднее альбедо Земли – около 30 %, при этом величина альбедо составляет 7 – 9 % для чернозема и до 90 % для свежеснежного покрова. При нагревании земная поверхность выделяет тепловые лучи в атмосферу и нагревает ее нижние слои.

Различный разогрев атмосферы в разных областях Земли вызывает неодинаковое распределение давления, что приводит к ветрам – перемещению воздушных масс вдоль поверхности Земли (из областей с высоким давлением в области с низким давлением). Скорость ветра может быть очень большой, до 30 м/с и более (более 30 м/с – характерно для урагана).

Сведения о погоде получают из наблюдений на совокупности метеорологических станций и метеорологических спутников.

Состояние нижнего слоя атмосферы в данном месте и в данное время называют *погодой*. Она характеризуется температурой воздуха, величиной и характером осадков, направлением и силой ветра, облачностью, влажностью воздуха и атмосферным давлением. Погоду определяют условия циркуляции в атмосфере и географическое положение местности. Наиболее устойчива погода в тропиках и наиболее изменчива в средних и высоких широтах. Характер погоды, ее сезонная динамика зависят от климата на данной территории.

**Климат** Земли – это совокупность усредненных по времени погодных данных. Он зависит, прежде всего, от угла падения солнечного излучения на поверхность Земли (от географической широты).

Основными климатообразующими процессами являются теплообмен, влагообмен и циркуляция атмосферы. Все эти процессы имеют один источник энергии – Солнце.

Климат формируется в результате взаимодействия климатических подсистем, к которым относятся атмосфера, гидросфера, литосфера, криосфера и биосфера, и между которыми существуют многочисленные прямые и обратные связи. Энергетический баланс в этих подсистемах определяет состояние климата.

Климат зависит от характера океанических течений, тепловая энергия которых значительна. На климат могут повлиять (в течение нескольких лет) извержения сильнейших вулканов, выбросы которых затрудняют прохождение солнечного излучения.

Климат Земли существенно зависит от изменения параметров орбиты Земли.

Развитие атмосферы зависит от геологических и геохимических процессов, происходящих на Земле.

Климат Земли за последние 100 лет заметно потеплел. Это, по-видимому, связано с резким увеличением выбросов CO<sub>2</sub> в результате сжигания угля, нефти и газа.

Считается, что климат на Земле может существенно (и, скорее всего, необратимо) измениться в ближайшие 250 лет за счет все увеличивающегося производства (а значит, и рассеяния) энергии, которая сравнится с энергией, поставляемой Земле от Солнца

Атмосфера является неременным условием для всех форм живой материи. Наибольшее значение для жизнедеятельности организмов имеют следующие газы, входящие в состав воздуха: кислород, азот, водяной пар, углекислый газ, озон. Кислород необходим для дыхания подавляющему большинству живых организмов. Азот, усваиваемый из воздуха некоторыми микроорганизмами, необходим для минерального питания растений. Водяной пар, конденсируясь и выпадая в виде осадков, является источником воды на суше. Углекислый газ – исходное вещество для процесса фотосинтеза. Озон поглощает вредное для организмов жесткое УФ-излучение.

В естествознании полагают, что современная атмосфера имеет вторичное происхождение: она образовалась после завершения образования планеты около 4,5 млрд лет назад из газов, выделяемых твердыми оболочками Земли. В течение геологической истории Земли атмосфера под влиянием различных факторов претерпевала значительные изменения своего состава.

### **Околоземный космос**

Околоземный космос (геокосмос) – это область околоземного пространства, занимающая диапазон высот  $\sim 10^2 - 10^3$  км. Он состоит из верхней атмосферы, ионосферы и магнитосферы, которые существенно отличаются по параметрам и физическим процессам, происходящим в них.

### **Ионосфера Земли**

Ионосферой называется ионизированная часть атмосферы. Она начинается на высотах  $\sim 60$  км днем и  $\sim 90$  км ночью, а заканчивается на высоте – 1 000 км.

В ионосфере газ частично ионизирован. Основным источником ионизации (то есть отрыва электрона от молекулы или атома) является ультрафиолетовое излучение Солнца. Ионизированный газ называется плазмой. Ее основное свойство – квазинейтральность. При этом концентрация электронов  $N$  примерно равна концентрации ионов. Наряду с ионизацией в плазме идет обратный процесс рекомбинации. Через ионосферу осуществляется радиосвязь с помощью радиоволн.

## Магнитосфера Земли

Магнитосферой называется часть околоземного пространства, "заполненная" магнитным полем. На высотах до  $\sim 10^4$  км магнитное поле Земли подобно полю большого магнита, то есть дипольное. Считается, что наиболее вероятно, существование магнитного поля, связано с движением жидкого металлического ядра Земли (теория "гидродинамического динамо"). У поверхности Земли в среднем индукция магнитного поля  $B \sim 5 \times 10^{-5}$  Тл. Существуют локальные аномалии поля, обусловленные накоплением железной руды вблизи поверхности Земли. Меньшие вариации  $B$  вызываются ионосферными токами и потоками заряженных частиц космического (солнечного) происхождения. С увеличением расстояния от поверхности Земли индукция быстро убывает.

На высотах более  $10^4$  км магнитное поле Земли заметно отличается от поля магнита: со стороны Солнца оно "сплюснуто", а с противоположной стороны тянется длинный "хвост". Деформация магнитосферы вызвана "налетающим" на нее солнечным ветром. Последний представляет собой поток солнечной плазмы, которая движется от Солнца.

Магнитосфера заполнена плазмой с  $N \sim 10^9 - 10^{10}$  м<sup>3</sup>. Температура частиц плазмы  $\sim 10^3$  К. Кроме этих частиц, в магнитосфере вдоль магнитных силовых линий по спиральным траекториям движутся высокоэнергичные электроны и протоны. "Температура" таких частиц существенно выше – от  $10^7$  до  $10^{12}$  К (слово "температура" взято в кавычки, потому что это не настоящая температура, характеризующая хаотическое движение, а эквивалентная мера кинетической энергии частиц). Эта область магнитосферы называется *радиационным поясом*. В нем движущиеся частицы излучают электромагнитные волны, вредные для космических аппаратов и человека [19].

**Ближний космос** простирается в пределах Солнечной системы.

**Дальний космос** находится за пределами Солнечной системы.

Дальний космос исследуют астрономическими (в частности, астрофизическими, радиоастрономическими и др.) методами.

В последние десятилетия астрономия стала всеволновой. Она включает в себя радио-, рентгеновскую, оптическую, гамма- и нейтринную астрономии. Это позволило существенно расширить наши знания о Вселенной, о процессах в ней, уточнить теорию происхождения и эволюции Вселенной.

## 2.6. Примеры практических заданий

1. Изучите, какой вид будут иметь графики зависимости неизменной силы и работы в зависимости от перемещения, *если сила совпадает с направлением перемещения*.

Сформулируйте, что характерно для такого вида работы.

2. Изучите, какой вид будут иметь на стадии равномерного подъема лифта в многоэтажном здании графики зависимости силы натяжения каната, высоты подъема лифта и работы в зависимости от времени.

3. Определите, какая необходима работа и какой величины нужна мощность мотора, чтобы осуществить стадию равномерного подъема лифта, которая выполняется в течение 3 секунд.

4. Оцените величину работы, которая совершается двигателем при *равномерном горизонтальном перемещении вагонетки* массой 1,5 т по рельсам на расстояние 600 м, если коэффициент трения качения равен  $k = 0,008$ .

5. Изучите, какой вид будут иметь графики временной зависимости высоты тела, его скорости, а также потенциальной и кинетической и общей энергии при вертикальном падении тела, массой 100 кг с высоты  $h = 40$  м, если пренебречь трением о воздух.

Определите, какой величины работу может совершить тело при столкновении с землей.

Сделайте вывод о том, подчиняется ли тело, падающее с высоты  $h$ , закону сохранения полной механической энергии.

### *Пример решения и ответа*

Тело, падающее с высоты, находится в консервативной системе, в которой, из-за отсутствия сопротивления воздуха, нет непотенциальных сил. Поэтому для такого тела выполняется закон сохранения полной механической энергии: в инерциальной системе отсчета полная механическая энергия замкнутой системы частиц (потенциальной, кинетической, включая энергию вращательного движения), остается неизменной (сохраняется в процессе движения).

Графики свидетельствуют о следующем:

1) если тело поднято и закреплено на высоте, то до начала падения его кинетическая энергия равна нулю и полная механическая энергия будет равна потенциальной энергии;

2) при движении тела в любой промежуточной точке траектории падения энергия тела состоит из потенциальной и кинетической энергии; при этом сохраняется полная механическая энергия. Кинетическая и потенциальная энергия в общем случае изменяются, но всегда так, что приращение одной из них в точности равно убыли другой;

3) в момент падения на Землю потенциальная энергия тела равна нулю, а полная энергия в этом случае становится равной кинетической.

В момент падения потенциальная энергия полностью переходит в кинетическую. За счет кинетической энергии упавшее тело может совершить работу, порядка 40 килоджоулей.

6. Исследуйте, как меняются показатели экстренного торможения автомобиля, движущегося со скоростью 70 км/час, если экстренное торможение осуществляется на мокром асфальте.

7. Определите и поясните какой будет теплота сгорания (то есть тепловой эффект полного окисления неорганического вещества кислородом при изобарном процессе с образованием оксидов элементов, входящих в данное вещество) при соединении углерода и кислорода.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие явления в природе называются тепловыми?

2. Исследования тепловых явлений и свойств макросистем позволяют проводить на основе двух качественно различных, но взаимно дополняющих методов: назовите и поясните.

3. Что такое термодинамика?

4. Определите понятие температуры.

5. В основе молекулярно-кинетических представлений о строении и свойствах макросистем лежат три основных положения: назовите и поясните.

6. Поясните понятия: "термодинамическая температура" и "абсолютный ноль".

7. Всякая термодинамическая система в любом состоянии обладает внутренней энергией: назовите и поясните.

8. Возможны два способа изменения внутренней энергии термодинамической системы при ее взаимодействии с внешними телами: назовите и поясните их.

9. Какой характер носят в окружающей нас природе тепловые процессы?

10. Что является количественной характеристикой теплового состояния системы?

11. Что характеризует энтропия системы?

12. Поясните понятие – синергетика.

13. Как схематически можно описать процессы самоорганизации в открытых системах?

14. В природе существует множество форм энергии. Несмотря на огромное разнообразие форм энергии, для ее производства используются в основном три вида источников: назовите и поясните.

15. Потребляемая энергия производится в результате преобразования других видов энергии. Существуют три основных способа ее преобразования. Назовите и поясните.

16. Поясните понятие – гелиоэнергетика. Назовите основные ее достоинства и недостатки.

17. Поясните понятие – Вселенная.

18. Поясните понятия – галактика, метагалактика, квазар, межзвездная среда.

19. Поясните суть теории Большого взрыва.

20. Поясните понятие и строение атмосферы Земли.

21. Назовите и кратко поясните, что характеризует динамику атмосферы Земли?

22. Поясните понятие – погода.

23. Поясните понятие – климат.

24. Поясните понятие – околоземный космос.

25. Поясните понятие – ближний космос.

26. Поясните понятие – дальний космос.

27. Поясните понятие и строение гидросферы Земли.

28. Назовите и кратко охарактеризуйте планеты Солнечной системы.

29. Поясните понятие рельефа Земли.

30. Поясните понятие – самоорганизация в природе.

### 3. Основы концепций представления организации материи. Колебания и волны в природе

В настоящее время в естествознании принято разграничивать окружающие нас объекты материального мира (часто используют термин – материя) на два больших и самостоятельных класса: *вещество и поле*. Вещество в отличие от поля обладает инертной массой, центром масс и пр. в обычном механическом смысле. Движение макроскопических объектов, состоящих из вещества, описывается известными законами механики Ньютона.

*Понятие поля* лежит в основе многих представлений современного окружающего нас мира. Формально термин "поле" применяется тогда, когда надо сопоставить каждой точке пространства некоторую физическую характеристику. В общем случае говорят, что в пространстве задано поле некоторой величины  $u$ , если в каждой точке пространства (или некоторой его части) определено значение этой величины. По-другому, – некоторой области пространства присваивают некоторую функцию  $u$ , которая зависит от пространственных координат или радиус-вектора  $\vec{r}$ .

В реальной жизни мы имеем дело со скалярными или векторными величинами и соответственно различают два вида полей: *скалярные и векторные*. В соответствии с этим поля определяются заданием в каждой точке рассматриваемой области пространства либо некоторой *скалярной* (величины, которая характеризуется числом) либо некоторой *векторной* величины (которая характеризуется числом и направлением в пространстве).

Наглядно представить в графическом виде векторное поле сложно. Для этого используют различные "ухищрения". Например, графически силовые векторные поля оказывается удобно изображать с помощью картин силовых линий – пространственных кривых, которые обладают тем свойством, что в каждой их точке вектор поля направлен вдоль касательной к кривой.

К настоящему времени научно доказано существование двух силовых полей – гравитационного и электромагнитного. Силы, создаваемые этими полями (поэтому их называют силовыми), действуют на расстоянии между покоящимися и движущимися частицами или телами.

Всю совокупность электромагнитных явлений принято разделять на две группы: электрические и магнитные явления. Взаимодействие заряженных частиц и тел осуществляется через материального посредника, называемого *электрическим полем*. Подробно изучение свойств стационарного электрического поля и изучение посредством моделирования основных понятий, связанных со *стационарным магнитным полем* мы выполним на лабораторном занятии.

### 3.1. Структурные уровни организации материи

В естествознании (и в науке в целом) для характеристики материальных систем применяют корпускулярную (от лат. *corpuskulum* – частица) и континуальную (от лат. *continium* – непрерывный) теории.

В *континуальной* теории рассматриваются происходящие вблизи некоторого среднего положения непрерывные повторяющиеся процессы и колебания. Распространение колебаний в среде вызывает волны. Область физики, которая изучает эти закономерности, называется теорией колебаний. Таким образом, в континуальной теории описываются волновые процессы. Вместе с волновым описанием процессов часто применяется понятие корпускулы (частицы). С позиций *континуальной* концепции окружающая нас материя рассматривалась в качестве формы поля, которое равномерно распространено в пространстве, а в результате его случайного возмущения появились волны, характеризующиеся как частицы с различными свойствами. Результатом взаимодействия этих образований стало появление атомов, молекул, макротел, которые образуют макромир. Используя такой критерий, в естествознании выделяют такие уровни материи: микромир, макромир и мегамир и поэтому доступная человеку природа в естествознании подразделяется условно на такие уровни:

1) *микромир* – это мир очень малых, не наблюдаемых непосредственно материальных объектов; их размер находится в диапазоне  $10^{-8}$  –  $10^{-16}$  см, а время жизни – от бесконечности до  $10^{-24}$  с. Это мир включает в себя материальные объекты от атомов до элементарных частиц. Считается, что всем им присущи волновые и корпускулярные свойства.

В последние годы в практику естественнонаучных знаний прочно вошло понятие *наномир* – это микромир материальных объектов, размер которых меньше  $10^{-16}$  см;

2) *макромир* представляет собой мир материальных объектов, масштабы которых соизмеримы с ростом человека. Пространственные величины на этом уровне измеряются от  $10^{-2}$  до  $10^3$  м, а время – от секунд до лет. Этот мир состоит из макромолекул, веществом в разных фазовых состояниях, живыми организмами, человеком и продуктами его жизнедеятельности;

3) *мегамир* являет собой место трудновообразимых огромных космических масштабов и скоростей. Расстояния в нем измеряется астрономическими единицами (1 а. е. = 8,3 световых минуты), световыми годами (1 световой год = 10 трлн км) и парсеками (1 пк = 30 трлн км), а время жизни космических объектов составляет многие миллионы и миллиарды лет. Этот мир составляют наиболее крупные материальные объекты: звезды, планеты и их системы, галактики и их скопления, метagalaktiki.

Используя эти представления выделяют:

1) *геоцентрический мир* – это реальный мир на уровне макромира. Процессы и явления в этом мире описываются с помощью евклидова пространства, ньютонова (абсолютного и одномерного) времени и лейбницева качества, в котором целое всегда больше части.

2) *негеоцентрический мир* – это микромир и мегамир. Процессы и явления в нем описываются неевклидовым пространством (геометрией Лобачевского – Римана), неньютоновым временем, нелейбницевым качеством (теория относительности, квантовая механика).

### **Структура микромира**

В современном естествознании в микромире выделяют такие *уровни вещества*:

- 1) молекулярный;
- 2) атомный;
- 3) нуклонный (уровень атомного ядра);
- 4) кварковый.

В последние годы в естествознании активно ведется обсуждение возможного облика *пятого* уровня вещества – суперструнного. Для каждого вновь открываемого уровня характерно качественное отличие от известных, он характеризуется другими свойствами соответствующих частиц. В естествознании всегда стремились найти самые простые частицы. В результате такого поиска в науке пришли к пониманию того,

что в природе *абсолютной элементарности не существует*, что любая частица на любом уровне сложна в своей сущности и проявлениях. В естествознании принято считать *элементарными те частицы*, у которых наукой еще не установлена внутренняя структура, а их размеры еще недоступны измерениям (в настоящее время это примерно меньше  $10^{-15}$  см). Используя значения внутренней степени свободы движения частицы (спина), все известные элементарные частицы делят на две группы: 1) частицы с *целочисленным спином* (их называют бозонами в честь физика Бозе). На них запрет Паули не распространяется, и они могут находиться вместе в любом количестве. Поля бозонов переходят в классические поля. В макромире бозоны проявляют себя обычно на уровне полей; 2) частицы с *полуцелым значением спина* ( $1/2, 3/2 \dots$ , их называют фермионами в честь Э. Ферми). Фермионы могут находиться вместе только при условии, что их физические состояния и параметры разные. Этот закон в квантовой механике называют *запретом Паули*. Поля фермионов всегда остаются квантованными и легко переходят в частицы. В макромире фермионы проявляются на уровне вещества. Фермионы делятся на кварки и лептоны. Лептоны включает в себя по 6 частиц и античастиц.

### **Классификация элементарных частиц [10]**

Элементарные частицы являются основными структурными элементами в микромире. Они бывают *составными* (протон, нейтрон) и *несоставными* (электрон, нейтрино, фотон). В наше время открыто более 410 частиц и их античастиц. Ряд элементарных частиц имеют необычные свойства. К примеру, ранее считали, что частица нейтрино не имеет массы покоя. Впоследствии ученые установили, что масса покоя нейтрино отлична (хотя и незначительна) от нуля. Античастицам присущи многие из тех признаков, что и их частицам-двойникам (масса, спин, время жизни и т. д.), но они различаются знаками электрического заряда или другими характеристиками. Установлено, что все элементарные частицы, за исключением нейтральных, имеют свои античастицы. В результате столкновения частицы и античастицы совершается их аннигиляция (от лат. *annihilatio* – превращение в ничто), то есть происходит превращение элементарных частиц и их античастиц в другие частицы, число и вид которых определяются законами сохранения. К примеру, при аннигиляции пары электрон – позитрон возникают фотоны.

Количество открытых элементарных частиц со временем растет. Одновременно в науке идет поиск фундаментальных частиц, которые могли бы быть элементарными составными "кирпичиками" для построения известных частиц. В 1964 г. физиком М. Гелл-Маном была высказана гипотеза о существовании такого типа частиц, которые назвали кварками. Для элементарных частиц характерно наличие большого количества характеристик. Важной отличительной чертой кварков является то, что они обладают дробными электрическими зарядами. Соединение кварков друг с другом может происходить парами и тройками. При объединении трех кварков образуется *барион* (протоны и нейтроны). В природе в свободном состоянии кварки пока не обнаружены. Важным является то, что с помощью кварковой модели удалось определить квантовые числа целого ряда известных в науке элементарных частиц.

В науке все элементарные частицы классифицируют по таким признакам: масса частицы; ее электрический заряд; тип физического взаимодействия, в котором участвуют элементарные частицы; время жизни частиц; спин и др.

По величине *массы покоя* частицы (ее массу покоя определяют по отношению к массе покоя электрона, который считают наиболее легкой среди частиц, имеющих массу) выделяют: *фотоны* – частицы, которые не имеют массы покоя и движутся со скоростью света; *лептоны* – легкие частицы (электрон и нейтрино); *мезоны* – средние частицы, имеющие массу от одной до тысячи масс электрона (пи-мезон, ка-мезон и др.); *барионы* – тяжелые частицы, имеющие массу более тысячи масс электрона (протоны, нейтроны и др.); *гипероны* – сверхтяжелые частицы.

По величине *электрического заряда* выделяют:

- частицы с отрицательным зарядом (например, электроны);
- частицы с положительным зарядом (например, протон, позитроны);
- частицы с нулевым зарядом (например, нейтрино).

Известны и частицы с дробным зарядом – *кварки*.

По *типу фундаментального взаимодействия*, в котором могут принимать участие частицы, выделяют:

- *адроны* (*греч. adros – крупный, сильный*), участвующие в электромагнитном, сильном и слабом взаимодействии;

- *лептоны*, участвуют в электромагнитном и слабом взаимодействии;

- *частицы*, которые переносят взаимодействия (*фотоны* – переносят электромагнитное взаимодействие; *гравитоны* – переносят гравитационное взаимодействие; *глюоны* – переносят сильное взаимодействие; *промежуточные векторные бозоны* – переносят слабое взаимодействие).

В зависимости от *времени жизни* частицы разделяют на стабильные, квазистабильные и нестабильные. Большая часть известных элементарных частиц являются нестабильными, их время жизни составляет  $10^{-10}$ –  $10^{-24}$  с. Стабильные частицы не подвергаются распаду длительное время и могут существовать от бесконечности до  $10^{10}$  с. Стабильными частицами считают фотон, нейтрино, протон и электрон. Квазистабильные частицы распадаются при электромагнитном и слабом взаимодействии. Часто их называют резонансами, время их жизни может быть в пределах  $10^{-24}$  –  $10^{-26}$  с.

Материальные системы микро-, макро- и мегамира отличаются между собой *размерами, характером доминирующих процессов и законами*, которым они подчиняются. Пространственные масштабы и размеры (в метрах с точностью до одного порядка чисел) некоторых материальных объектов представлены в табл. 3.1. [19].

Таблица 3.1

**Пространственные масштабы некоторых материальных объектов**

Материальный объект	Масштаб, м
Радиус космического горизонта (наблюдаемой Вселенной)	$10^{26}$
Диаметр нашей Галактики	$10^{21}$
Расстояние от Земли до Солнца	$10^{11}$
Диаметр Солнца	$10^9$
Размеры человека	$10^0$
Длина волны видимого света	$10^{-6}$ – $10^{-7}$
Размер вирусов	$10^{-6}$ – $10^{-8}$
Диаметр атома водорода	$10^{-10}$
Диаметр атомного ядра	$10^{-15}$
Минимальное расстояние, доступное современным средствам измерений	$10^{-18}$

Отношение самого большого размера к самому малому, составляет сегодня 44 порядка и будет возрастать по мере накопления естественно-научных знаний об окружающем мире.

**Важнейшая концепция современного естествознания** состоит в материальном единстве всех систем микро-, макро- и мегамира. В науке утверждается о единой материальной основе генезиса всех материальных систем на различных этапах эволюции Вселенной.

Материальные объекты микро-, макро- и мегамира различаются друг от друга кроме своих размеров, и иными количественными характеристиками.

Свойства и особенности материальных объектов микро-, макро- и мегамира *описываются разными теориями, принципами и законами.*

Для объяснения процессов, происходящих в *микромире*, применяют принципы и теории квантовой механики, квантовой статистики и т. д.

Материальные объекты *макросистем* изучаются на основе законов и теорий классической механики Ньютона, термодинамики и статической физики, классической электродинамики Максвелла.

Важно, что большое число понятий и концепций (энергия, импульс и другие), которые были введены в классической физике при описании свойств материальных объектов макромира, удачно применяются для объяснения процессов в микро- и мегамире.

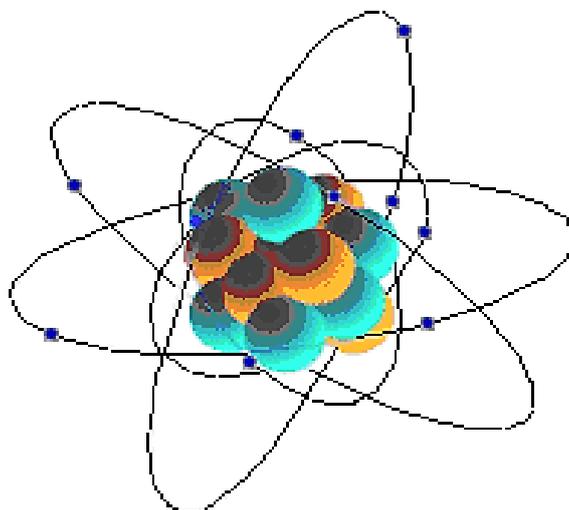
*Фундаментальные физические законы характеризуют* вполне определенные материальные объекты не зависимо от того, где они находятся. Поэтому фундаментальные законы являются универсальными – они могут применяться к материальным объектам всего окружающего нас мира, которые доступны наблюдениям. Универсальный характер фундаментальных законов подтверждается экспериментальными результатами многочисленных исследований разных свойств материальных объектов в микро-, макро- и мегамире и указывает на материальное единство природы и Вселенной в целом.

### 3.2. Структура атомов

#### Концепция атомизма

С развитием естественнонаучных представлений о внутреннем строении вещества было установлено, что атом химического элемента состоит из ядра, которое имеет положительный заряд, и электронов,

которые движутся вокруг ядра. Совокупность электронов в атоме называют его электронной оболочкой. Графическое изображение этой модели атома, где электроны движутся в классическом смысле по замкнутой траектории (орбите), приведено на рис. 3.1. В соответствии с такой моделью, электроны атома должны двигаться относительно ядра.



**Рис. 3.1. Изображение модели атома. Диаметр атома – величина порядка  $10^{-10}$  м, а диаметр ядра – величина порядка  $10^{-14} - 10^{-15}$  м**

Дальнейшим развитием познания атома стало определение точной величины заряда ядра и числа электронов у атомов различных типов.

Физик Макс Планк определил, что тепловое излучение (электромагнитная волна) излучается порциями (квантами), а не сплошным потоком. Энергия каждого кванта  $E = h\nu$  пропорциональна частоте электромагнитной волны  $\nu$  (тут  $h = 6,62 \times 10^{-34}$  Дж с – постоянная Планка).

Используя квантовые представления, А. Эйнштейн в 1905 г. разработал теорию фотоэффекта и установил, что свет обладает корпускулярными и волновыми свойствами. Он излучается, распространяется и поглощается порциями (квантами). Кванты света в науке стали называть фотонами.

На основе этих открытий, французский ученый Луи де Бройль в 1924 году выдвинул гипотезу о том, что всякая движущаяся частица вещества помимо корпускулярных свойств должна иметь волновые свойства (свойства электрических и магнитных полей, которые изменяются во

времени и распространяются в пространстве). Такие волновые свойства можно характеризовать, посредством сопоставления частице некоторой волну, длина которой связана с импульсом  $p = mv$  соотношением  $\lambda = \hbar/p = \hbar/mv$ , где  $m$  – масса частицы,  $v$  – ее скорость.

На основе идей де Бройля в 1925 – 1926 гг. в трудах В. Гейзенберга и Э. Шредингера была разработана новая теория в физике – квантовая теория (квантовая механика). Экспериментально было найдено, что электрону одновременно присущи свойства частицы (корпускулярные свойства) и свойства волны (волновые свойства), то есть он обладает двойственной природой. Поэтому в квантовомеханической модели атома боровские орбиты движущегося вокруг ядра электронов заменили пространственные стоячие волны (движущемуся вокруг ядра электрону соответствует волна  $\lambda$  и при этом, кратное целое число этих длин волн должно соответствовать длине орбиты). Поэтому квантовая механика определяет законы движения и взаимодействия микрочастиц с учетом их двойственных корпускулярно-волновых свойств.

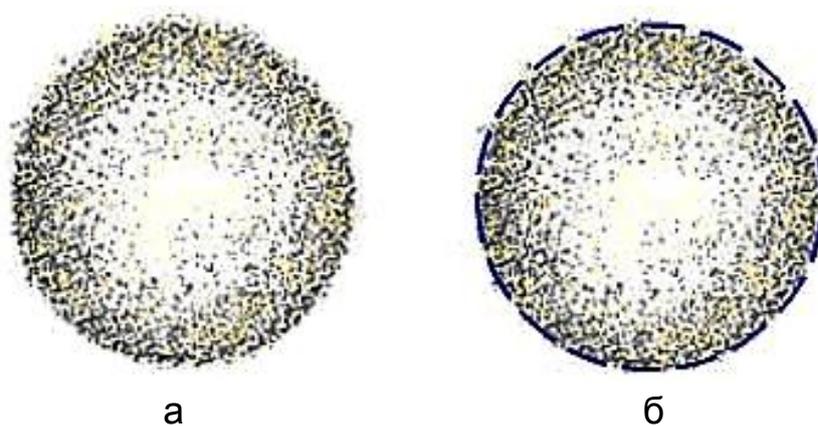
Фундаментальным положением квантовой механики, обусловленным волновыми свойствами движущейся частицы, является невозможность ее точной локализации в определенной точке пространства. Поэтому в квантовой механике понятия положения (координат) и траектории движения микрочастиц не имеют смысла, хотя в ней сохраняют свое значение такие понятия, как масса, импульс и момент импульса частицы. Движение микрочастицы описывается не уравнением классической механики Ньютона, а с помощью волнового уравнения Шредингера, в котором учитываются ее волновые свойства. Решение этого уравнения не определяет точно положение или траекторию движения микрочастицы, а позволяет установить вероятность ее обнаружения в тех или иных точках заданного пространства.

В квантовой теории полагают, что состояние электрона, как пространственной волны в атоме, можно представить в виде электронного облака с определенной плотностью электрического заряда в каждой точке пространства. Пространство вокруг ядра, в котором нахождение электрона наиболее вероятно, называют *орбиталью*. Это название отражает геометрическое пространственное представление о том, что стационарное состояние электрона в атоме характеризуется интенсивностью волны в различных точках пространства. Интенсивность волны в различных направлениях пространства определяет вероятность того,

что электрон находится в данной точке. С помощью орбиталей можно представить, как вместо перехода с одной орбиты на другую происходит переход из одного состояния (которому соответствует определенная пространственная волна) в другое.

Пространственные волны разной интенсивности (электронные облака) различных электронов находятся на разных расстояниях от ядра и имеют разную форму. "Формы" орбиталей представляют собой графики функций, изображающие области математического пространства, где нахождение электрона в данной орбитали наиболее вероятно.

Геометрическое представление орбитали атома – область пространства, которая ограничена поверхностью равной плотности вероятности или заряда. Значение плотности вероятности на граничной поверхности берут, отталкиваясь от решаемой задачи, и часто так, чтобы вероятность нахождения электрона в ограниченной области составляла 0,9 – 0,99. Если различную электронную плотность в отдельных участках, например, невозбужденного атома водорода передать точечной штриховкой различной интенсивности, получится схема электронной орбитали (рис. 3.2а). Поверхность, охватывающая ядро атома, за пределом которой вероятность пребывания электрона исчезающе мала, называют граничной поверхностью орбитали (рис 3.2б). Эта поверхность передает форму орбитали.



**Рис. 3.2. Изображение распределения электронной плотности электрона в атоме водорода**

Электронные орбитали занимают определенное положение в пространстве, имеют разные размеры и форму, определенным образом расположены в пространстве. Их размеры определяются расстоянием, на котором электрон находится от ядра. При этом электроны находятся

на вполне определенных расстояниях от ядра. Электроны, которые находятся на одинаковом расстоянии от ядра, образуют один электронный слой. Электронные слои могут характеризоваться любыми целыми положительными значениями, начиная с единицы ( $n = 1, 2, 3, \dots \infty$ ) или обозначаться латинскими буквами K, L, M, N, O, P, Q. Электронные орбитали имеют различную форму: сферы, гантели и др.

Для понимания квантовой теории удобно сугубо математические параметры объяснять с точки зрения аналогий, которые всегда полезны, поскольку они позволяют понимать новые взаимосвязи и запоминать основной ход рассуждений. Исходя из этого можно представить, что находящийся в атоме электрон представляет круглое твердое тело (шарик). Согласно классической механике Ньютона и "планетарной" модели его перемещения электрон в атоме в этом случае мог бы участвовать в двух видах движения: в орбитальном движении относительно ядра и в собственном вращательном движении. Поэтому, для полного описания состояния электрона в атоме в таком случае необходимо было бы знать следующие четыре параметра:

- 1) энергию электрона;
- 2) величину орбитального момента количества движения;
- 3) направление орбитального момента количества движения;
- 4) направление собственного момента количества движения.

Второй и третий параметры характеризуют движение электрона относительно ядра, а четвертый описывает собственное движение электрона.

В квантовой теории считается, что состояние электрона в атоме тоже определяется четырьмя квантовыми числами. Формально число параметров одинаково, но при этом принципиально новым является квантование физических величин. В классической механике физические величины, характеризующие указанные 4 параметра, могли изменяться непрерывно. В квантовой теории – энергия атома может принимать лишь определенные дискретные значения. По этой причине все эти четыре параметра (набор четырех квантовых чисел: главного  $n$ , орбитального  $l$ , магнитного  $m$  и магнитного спинового  $m_s$ ), описывающие состояние электрона в атоме, вследствие волновых свойств должны принимать лишь квантованные (дискретные значения), то есть все их возможные значения обязательно должны быть пропорциональны определенным целым числам, называемым квантовыми. Слово "квант"

означает "порция" – минимальное, неделимое более количество какой-либо физической величины.

В многоэлектронном атоме с зарядом, равным  $Ze$ , электроны будут занимать различные "орбиты" (оболочки). При движении вокруг ядра  $Z$ -электроны размещаются в соответствии с квантово-механическим законом – принципом Паули:

1) любой атом не может содержать двух одинаковых электронов, определяемых набором четырех квантовых чисел: главного  $n$ , орбитального  $l$ , магнитного  $m$  и магнитного спинового  $m_s$ ;

2) в атоме в состояниях с определенным значением могут находиться не более  $2n^2$  электронов. Поэтому, на первой оболочке ("орбите") могут находиться только 2 электрона, на второй – только 8, на третьей – 18 и т. д.

Совокупность электронов в многоэлектронном атоме, которые имеют одинаковое главное квантовое число  $n$ , называют *электронной оболочкой*. В каждой оболочке электроны размещаются на *подоболочках*. Подоболочки соответствуют определенному значению  $l$ . Поскольку орбитальное квантовое число  $l$  изменяется от 0 до  $(n - 1)$ , то количество подоболочек равно порядковому номеру оболочки  $n$ . Число электронов в подоболочке обуславливается магнитным квантовым числом  $m_l$  и магнитным спиновым числом  $m_s$ .

### 3.3. Дискретность и непрерывность материи

В современном естествознании полагают, что все виды материи – вещество, физическое поле и физический вакуум – обладают *дискретной структурой*.

По современным представлениям, в соответствии с квантовой теорией поля, в сверхмалых масштабах пространство и время составляют единую пространственно-временную среду с ячейками размером  $10^{-35}$  м и временем  $10^{-43}$  с, которая хаотически меняется. Размеры этих ячеек так малы, что на нынешнем уровне развития наших знаний ими можно пренебрегать (не учитывать) при описании свойств атомов, нуклонов и т. д., полагая пространство и время *непрерывными*.

Основной вид материи – вещество, находясь в твердом или жидком агрегатном состоянии, – как правило, воспринимается нами как непрерывная, сплошная среда. При анализе и описании его свойств

обычно учитывают только его непрерывность. Однако при истолковании тепловых явлений, химических связей, электромагнитного излучения и т. п. Это же вещество рассматривается уже в качестве дискретной среды, состоящей из очень большого числа атомов и молекул, которые постоянно взаимодействуют между собой.

Дискретность и непрерывность свойственны и физическому полю. В науке при решении различных физических задач гравитационное, электрическое, магнитное и другие физические часто считают непрерывными. Развитие квантовой теории поля существенно (принципиально) изменило представления о взаимодействии: всякое поле не является непрерывным, оно дискретно. К примеру, в квантовой теории поля электромагнитное взаимодействие представляется следствием обмена частиц квантами электромагнитного поля – фотонами. Подобным образом и другие виды взаимодействия порождаются в результате обмена квантами соответствующих полей. Считается, что в гравитационном взаимодействии участвуют гравитоны.

В *полевой концепции* утверждается, что частицы, которые участвуют во взаимодействии, формируют в окружающем их пространстве особое состояние – поле сил. Это поле проявляется в силовом воздействии на другие частицы, которые помещены в такое пространство. В теории относительности было отброшено понятие "эфира" как особой упругой среды и одновременно был придан фундаментальный смысл понятию поля как первичной физической реальности.

В современном естествознании утверждается, что непрерывность и дискретность являются неотъемлемыми свойствами материи, то есть для одних и тех же видов материи являются характерными как непрерывность, так и дискретность.

Для классического описания явлений в окружающей природе и свойств разных материальных объектов достаточно учитывать непрерывные свойства материи, а для описания различных микропроцессов – ее дискретные свойства.

В классической физике дискретные и непрерывные свойства материи взаимно противоположны и не зависят друг от друга. Развитие электромагнитной концепции поля привело к пониманию их *диалектического единства*. В современной науке такое единство противоположностей дискретного и непрерывного получило обоснование в концепции *корпускулярно-волнового дуализма*.

### 3.4. Корпускулярно-волновой дуализм

*Корпускулярно-волновой дуализм* представляет принцип, в соответствии с которым всякий объект из материального мира может обнаруживать волновые и корпускулярные свойства. Концепция корпускулярно-волнового дуализма была введена при разработке квантовой механики для объяснения наблюдаемых в микромире явлений с точки зрения классических концепций. Дальнейшим развитием этого принципа стала концепция квантованных полей в квантовой теории поля. Было установлено, что частицы неотделимы от создаваемых ими полей и любое поле вносит свой вклад в структуру частиц и обуславливает их свойства. В этой неразрывной связи частиц и полей видно наиболее важное проявление *единства прерывности и непрерывности в структуре материи*. Для характеристики прерывного и непрерывного в структуре материи следует указать и на единство корпускулярных и волновых свойств всех частиц и фотонов.

Например, видимый свет можно истолковывать в качестве потока частиц (фотонов), которые во многих физических эффектах проявляют свойства электромагнитных волн, например, при дифракции и интерференции на масштабах, которые сравнимы с длиной волны света.

Единство корпускулярных и волновых свойств объектов материального мира выступает как одно из фундаментальных противоречий в современном естествознании (физике) и в процессе познания микроявлений конкретизируется. Современные естественнонаучные знания о процессах макромира показывают, что прерывность и непрерывность существуют в природе в форме единого взаимосвязанного процесса. При определенных условиях в макромире может происходить "трансформация" микрообъекта в частицу или поле и будут проявляться соответствующие им свойства.

В настоящее время в квантовой физике утверждается, что квантовые объекты не являются ни классическими волнами, ни классическими частицами, проявляя (приобретая) свойства первых или вторых лишь в некотором приближении. Более корректной (методологически) считается пропагаторная формулировка квантовой теории (посредством интеграла по траекториям). Она свободна от применения классических понятий. Формулировка посредством интеграла по траекториям представляет описание квантовой теории, обобщающее

принцип действия классической механики. Она была предложена в 1948 г. Р. Фейнманом.

Эта формулировка заменяет классическое определение одиночной, уникальной траектории системы для расчета квантовой амплитуды функциональным интегралом (полной суммой) по бесконечному множеству всевозможных траекторий. Пропагатор (функция распространения) – функция, определяющая амплитуду вероятности распространения релятивистского поля (частицы) между двумя актами взаимодействия. Он позволяет учесть влияние виртуальных частиц.

Методологически пропагаторная формулировка квантовой теории близка к принципу Гюйгенса – Френеля из классической теории волн.

### 3.5. Агрегатные состояния вещества

В природе все вещества могут находиться в разных агрегатных состояниях: 1) твердом; 2) жидком; 3) газообразном; 4) плазменном. Изменение агрегатного состояния может сопровождаться скачкообразным изменением свободной энергии, энтропии, плотности и других основных физических свойств. Опыты показывают, что границы между агрегатными состояниями весьма условны. Оно определяется физическими условиями, в которых вещество находится. Наличие нескольких агрегатных состояний у вещества определено отличиями теплового движения его атомов и молекул а также в их взаимодействии при различных условиях.

*Изменения агрегатного состояния* вещества представляют собой термодинамические процессы, которые называют фазовыми переходами. В настоящее время выделяют такие их разновидности: из твердого в жидкое – плавление; из жидкого в газообразное – *испарение и кипение*; из твердого в газообразное – *сублимация*; из газообразного в жидкое или твердое – *конденсация*; из жидкого в твердое – *кристаллизация*. Отличительной особенностью является отсутствие резкой границы перехода к плазменному состоянию. Приведенные определения агрегатных состояний вещества не всегда являются строгими. Например, в природе существуют *аморфные тела*, которые сохраняют структуру жидкости и обладают небольшой текучестью и способностью сохранять форму; *жидкие кристаллы* обладают текучестью, но при этом обладают рядом свойств твердых тел, в частности, могут поляризовать проходящее через них электромагнитное излучение.

*Газ* – фазовое (агрегатное) состояние вещества, в котором частицы очень слабо связаны или не связаны вообще силами взаимодействия; кинетическая энергия теплового движения молекул и атомов газа существенно больше потенциальной энергии взаимодействий между ними. По этой причине частицы в сосуде движутся почти свободно, полностью заполняя его, и принимают форму этого сосуда. Изменением давления и температуры всякое вещество возможно перевести в газообразное состояние.

*Жидкость* – это агрегатное состояние вещества, промежуточное между твердым и газообразным. Жидкостям присущи некоторые черты твердого вещества (сохраняет свой объем, образует поверхность, обладает определенной прочностью на разрыв) и газа (приобретает форму емкости, в которой находится). Тепловое движение молекул и атомов в жидкости выступает в виде комбинация малых колебаний вблизи положений равновесия и частых переходов из одного положения равновесия в другое. Одновременно происходят медленные перемещения молекул и их колебания внутри малых объемов, частые перескоки молекул нарушают дальний порядок в расположении частиц и обуславливают текучесть жидкостей, а малые колебания около положений равновесия обуславливают существование в жидкостях ближнего порядка. В жидкости молекулы располагаются на очень маленьком расстоянии друг от друга. По этой причине плотность жидкости значительно превышает плотность газа (при нормальном давлении). Свойства жидкости во всех направлениях изотропны (одинаковы). При нагревании жидкости или уменьшении плотности ее свойства (теплопроводность, вязкость и др.) изменяются, как правило, в сторону схожести со свойствами газов. В жидкости тепловое движение молекул заключается в сочетании коллективных колебаний (колебательных движений) молекул и происходящих эпизодически скачков молекул из одного положения равновесия в другое. При длительном воздействии направленной внешней силы (больше длительности интервалов между скачками молекул), молекулы двигаются в направлении этой силы и это приводит к текучести жидкости.

*Твердые тела* – агрегатное состояние вещества, для которого характерными являются стабильностью его формы и характер теплового движения атомов. Они совершают малые колебания вблизи положений равновесия с амплитудой, малой по сравнению с

межатомными расстояниями. Твердые тела имеют многообразную структуру. Обычно их разделяют на *кристаллические и аморфные тела*. В кристаллическом веществе (в кристаллах) атомы или ионы располагаются в узлах кристаллической решетки и совершают колебания около них. Строгая периодичность в местоположении атомов обуславливает сохранение порядка на больших расстояниях. В аморфных телах атомы совершают колебания вблизи хаотически расположенных точек. Такие тела изотропны, они не имеют фиксированной температуры плавления, для них характерна текучесть.

*По типу химической связи* между атомами твердые тела разделяют на тела с ионной, ковалентной, металлической и др. Характер движения внешних электронов в атомах твердого тела в основном определяет его электрические и некоторые другие свойства.

*По виду зонной структуры* твердые тела систематизируют на проводники, полупроводники и диэлектрики.

Сил, действующие между атомами и частицами определяют кристаллическую структуру твердых тел.

*Полиморфизм* – это способность ряда веществ находиться в состояниях с разной атомно-кристаллической структурой. Например, сера и кремнезем имеют более двух полиморфных модификаций.

Одиночные кристаллы носят название *монокристаллов*. У них ряд свойств является анизотропными (они зависят от направления), например, механические, оптические и электрические. Для кристаллов характерна естественная анизотропия, например, пластина слюды легко расщепляется на тонкие пластинки вдоль некоторой плоскости (параллельно ей силы сцепления между частицами слюды наименьшие). Твердое тело, которое состоит из большого количества маленьких кристаллов, называют *поликристаллическим*. Такие вещества изотропны.

Свойства твердых тел изучаются в разделе физики, называемом физикой твердого тела. Его развитие обуславливается потребностями развития техники. В настоящее время физика твердого тела состоит из ряда областей физических знаний. Их отделение происходит посредством выделения либо объекта исследования, например – физика металлов, физика полупроводников, физика магнетиков и т. д.; или метода исследования, например – радиоспектроскопия, рентгеновский структурный анализ и т. д.); или определенных свойств, например, механических, тепловых и т. д.

*Плазма* – частично или полностью ионизированный газ, в котором плотности отрицательных и положительных зарядов одинаковы. Плазма может быть как квазинейтральной, так и неквазинейтральной. Присутствие свободных электрических зарядов делает плазму проводящей средой, что обуславливает ее заметно большее (по сравнению с другими агрегатными состояниями вещества) взаимодействие с магнитным и электрическим полями.

Плазма обычно разделяется на *идеальную и неидеальную, низкотемпературную и высокотемпературную, равновесную и неравновесную*, при этом довольно часто холодная плазма бывает неравновесной, а горячая равновесной. При сильном увеличении температуры (нагревании) всякое вещество превращается в газ. При дальнейшем увеличении температуры происходит резкое усиление процесса термической ионизации. Начинается процесс распада молекул газа на составляющие их атомы, которые впоследствии превращаются в ионы.

В плазменном состоянии находится основная часть вещества во Вселенной: звезды, галактические туманности и межзвездная среда. Вблизи Земли плазма имеется в виде ионосферной плазмы и солнечного ветра. Вблизи земной поверхности в обычных (естественных) условиях плазма возникает только при грозах в виде вспышек молний в атмосфере. В лабораторных условиях плазма впервые была получена в виде газового разряда. Она находится в лампах дневного света, в стеклянных трубках неоновой рекламы и т. д. В последние годы использование плазмы значительно расширилось. Высокотемпературная плазма ( $T \sim 10^6 - 10^8 \text{ K}$ ), состоящая из смеси дейтерия и трития применяется для осуществления управляемого термоядерного синтеза; низкотемпературная плазма ( $T < 10^5 \text{ K}$ ) применяется в разных газоразрядных приборах: газовых лазерах, ионных приборах, МГД-генераторах и т. д.

### **3.6. Колебания и волны в природе**

#### **3.6.1. Колебания**

Окружающий нас мир наполнен волнами: распространяющиеся в воздухе и других веществах волны звука; используемый в быту и технике переменный ток; волны механических колебаний в струнах или

кристаллах кварца, применяемые для стабилизации частот радиопередатчика или в часах; волнение и зыбь на водной поверхности; волны, порождаемые землетрясениями; электромагнитные волны, которые образуют свет и с помощью которых передают информацию по теле- и радиоканалам; волны вероятности, используемые в мире квантов для предсказания поведения микрочастиц и более сложных форм вещества. Волновым законам подчиняются многие процессы в экономике, химии, биологии, экологии и ряде других научных знаний. С волнами имеют много общих закономерностей и тесно связаны колебания, имеющие различную физическую природу. Поэтому такие закономерности изучаются обобщенной теорией колебаний и волн.

*Колебания* представляют собой процесс изменения состояний системы вблизи положения (точки или состояния) равновесия, который в той или иной степени повторяется со временем. Обычно колебания рождаются в результате нарушения устойчивого состояния равновесия системы (равнодействующая сил при этом отлична от нуля). При этом в системе должен быть избыток энергии и одна из сил должна зависеть от времени. Колебания *могут вызываться наличием упругих сил, силы тяжести*; электрические колебания (напряжений и сил токов) совершаются в электрических цепях, а вблизи этих цепей колеблются напряженности электрического и магнитного полей. Несмотря на различную природу таких колебаний, в них выявляются общие закономерности.

Осциллятором называют физическую система, которая совершает колебания. Простейшим примером гармонического движения является гармонический осциллятор. Он определяется колебаниями некоторой массы, которая прикреплена одним концом к пружине.

Гармонические колебания описывают функцией, изменяющейся по закону синуса или косинуса:  $S(t) = A \sin((\omega t + \varphi_0))$ , где  $A$ ,  $\varphi_0$  – постоянные величины;  $A$  – амплитуда колебаний,  $(\omega t + \varphi_0)$  – фаза;  $\omega$  – круговая частота ( $2\pi/\omega = T$  – период колебаний;  $1/T = \nu$  – частота).

Если со временем амплитуда уменьшается, то колебания становятся *затухающими*; если они совершаются под действием периодически повторяющейся внешней силы, то их называют *вынужденными*, если же колебания случаются за счет внутренних сил системы после выведения ее из положения равновесия, то их называют *свободными* колебаниями.

В окружающем мире колебательные процессы имеют различную природу, но часто обладают общими признаками и подчиняются общим

закономерностям. Это дает возможность применять единый подход при рассмотрении механических, электрических и других колебаний. По этой причине их классификацию проводят по таким признакам: 1) по физической природе: механические (звук, вибрация); электромагнитные (свет, радиоволны, тепловые); смешанного типа – комбинации перечисленных; 2) по способу порождения или характеру взаимодействия с окружающей средой: вынужденные – колебания, которые происходят в системе под действием внешнего периодического воздействия. При вынужденных колебаниях возможно возникновение явления резонанса: резкое возрастание амплитуды колебаний при совпадении собственной частоты осциллятора и частоты внешнего воздействия; свободные (или собственные) – это колебания в системе под действием внутренних сил, после того как система выведена из состояния равновесия (в реальных условиях свободные колебания всегда затухающие); автоколебания – это колебания, при которых система имеет запас потенциальной энергии, который расходуется на совершение колебаний (пример – механические часы). Важное отличие автоколебаний от свободных колебаний состоит в том, что их амплитуда определяется не начальными условиями, а свойствами самой системы; параметрические – это вид колебаний, которые рождаются при изменении какого-либо параметра колебательной системы под влиянием внешнего воздействия; случайные – это вид колебаний, когда внешняя или параметрическая нагрузка представляет собой случайный процесс.

В кинематике различают *периодические и непериодические колебания*.

Любая система, которая совершает колебания, обладает своим способом колебательного движения, ему соответствуют *собственные колебания*, а им – *собственные частоты*. Они могут быть выделены в любом колебании.

В природе всякое повторяющееся во времени движение можно представлять как результат сложения простых гармонических колебаний, а любое волновое движение – как сумму простых гармонических волн.

Это утверждение является основой при изучении повторяющихся явлений в самых различных областях наших знаний о природе и деятельности людей.

Волновые свойства света и микрочастиц положены в основу современной (синтетической) научно картины мира.

Колебания гармонического типа играет важнейшую роль при изучении любых колебаний в природе, а особенно в акустике и оптике.

Важно понимать, что в процессе колебаний нет переноса энергии, происходит только преобразования энергии кинетической в потенциальную и наоборот.

### **3.6.2. Волны. Волновое описание процессов**

*Волна* – изменение состояния среды (возмущение) или физического поля (возмущение), которое распространяется или колеблется в пространстве и времени (в этой среде) или в фазовом пространстве и переносит с собой энергию.

Другое, по-видимому, более правильное определение: волна – это процесс (явление) распространения в пространстве и во времени возмущения физической величины, например, плотности вещества, напряженности электрического поля, температуры. Часто применяют и такое определение: *волновым процессом* или *волной* – называется процесс распространения колебаний в сплошной среде.

Основным свойством всех волн является перенос энергии без переноса вещества.

В природе волновой процесс может иметь разную физическую природу: механическую, химическую, электромагнитную, гравитационную, спиновую, плотности вероятности и т. д. Большая часть волн представляет колебания некоторой среды, вне которой волны данного типа не существуют (например, звук в вакууме).

В природе есть волны, которые являются не "рябью" какой-либо другой среды, а представляют собой именно новые физические сущности. Например, электромагнитные волны в современной науке представляют не в виде колебаний некоторой среды (в XIX веке ее называли эфиром), а самостоятельное и самоподдерживающееся поле, которое способно распространяться в вакууме. Подобным образом обстоит дело и с волнами вероятности материальных частиц.

Ряд явлений в природе часто тоже называют волнами, однако каждая из них обладают собственной спецификой. Например, с рядом определенных оговорок, утверждают о том, что имеют место: температурные волны, волны в экономике, волны вероятности электрона и других частиц, волны горения, волны химической реакции, волны

плотности реагентов, волны плотности транспортных потоков, и др. Важно понимать, что ряд явлений, которые выглядят как волны, но не способны сами распространяться (например, песчаные дюны), в природе волнами не являются. Упругими (или механическими) волнами называются механические возмущения, распространяющиеся в упругой среде.

Огромное разнообразие волновых процессов в природе не позволяет выделить каких-либо абсолютных общих свойств волн. Одним из часто встречающихся признаков волн в науке часто считают близкодействие. Оно проявляется во взаимосвязи возмущений в соседних точках среды или поля, однако в общем случае может отсутствовать и оно [12].

В науке из огромного количества волн часто (обычно) выделяют некоторые простейшие типы волн (они возникают очень часто в целом ряде физических ситуаций) из-за математического сходства описывающих их физических законов. В таких случаях эти законы называют волновыми уравнениями. Для непрерывных систем они выступают обычно в форме дифференциальных уравнений в частных производных в фазовом пространстве этой системы. Для сред их часто сводят к уравнениям, которые связывают возмущения в соседних точках среды через пространственные и временные производные этих возмущений [12]. Важным частным случаем волн в науке (природе) являются линейные волны. Для них справедлив принцип суперпозиции.

В естествознании волны по своему характеру обычно подразделяют на следующие типы: 1) по признаку распространения в пространстве: стоячие, бегущие; 2) по характеру волны: колебательные, уединенные (солитоны), ударные волны или нормальные разрывы; 3) по типу волн: поперечные, продольные, смешанного типа; 4) по законам, описывающим волновой процесс: линейные, нелинейные; 5) по свойствам среды распространения: волны в дискретных структурах, волны в непрерывных средах; 6) по геометрии: сферические (пространственные), одномерные (плоские), спиральные.

### **Происхождение волн**

В природе волны могут генерироваться различными способами, например:

1) генерация локализованным источником колебаний (излучателем, антенной);

2) спонтанная генерация волн в среде при возникновении гидродинамических неустойчивостей. Такую природу могут иметь, например, волны на воде при достаточно большой скорости ветра над водной гладью;

3) переход волн одного типа в волны другого типа. Например, при распространении электромагнитных волн в кристаллическом твердом теле могут генерироваться звуковые волны.

### **Описание волновых процессов**

Из-за многообразия, нелинейности свойств среды, особенностей границ и способов возбуждения, в физике пользуются свойством разложения любых колебаний в спектр по частотам отклика среды на возбуждение. Вводится ряд упрощений и понятий. Например: *монохроматической* называют волну от гармонического источника. Она представляет строго синусоидальную (гармоническую) волну с постоянными во времени частотой, амплитудой и начальной фазой. Практически монохроматическая волна не может быть осуществлена, поскольку должна была бы быть бесконечной – прежде всего, во времени.

Реальные процессы излучения в природе являются ограниченными во времени. По этой причине в науке под монохроматической обычно понимают волну с очень узким спектром. Говорят, что чем уже интервал, в котором находятся частоты реальной волны, тем "монохроматичнее" излучение. В природе и технике наиболее близким к монохроматическому является излучение отдельных линий спектров испускания свободных атомов и молекул  $f = (E_1 - E_2) / h$ . Они соответствуют переходу атома из состояния с большей энергией в состояние с меньшей, а частоты соответствующих монохромных волн равны разнице уровней энергии, поделенной на постоянную Планка.

Для наглядности и упрощения описания волновых процессов вводят также понятие гармонической волны. При этом реальную волну представляют в виде большой совокупности гармонических волн (например, так называемое разложение в ряд Фурье).

*Уравнение плоской волны.* Пусть точки, которые расположены в плоскости  $x = 0$ , колеблются по закону  $\xi(0,t) = A \cos \omega t$ .  $v$  – скорость распространения колебаний в данной среде (рис. 3.3).

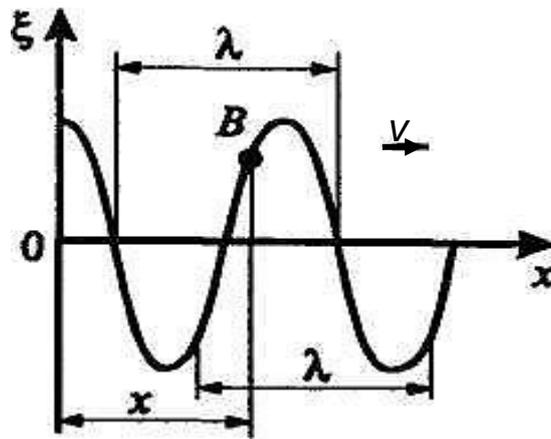


Рис. 3.3. График гармонического колебания (волны)

Колебания частицы  $B$  среды, расположенной на расстоянии  $x$  от источника колебаний  $O$ , будут происходить по тому же закону. Но, поскольку для прохождения волной расстояния  $x$  требуется время  $\tau = x/v$ , то ее колебания будут отставать по времени от колебания источника на  $\tau$ . Уравнение колебаний частиц имеет вид:  $\xi(x, t) = A \cos \omega (t - x/v)$ .

В общем случае уравнение плоской волны:  $\xi(x, t) = A \cos \left[ \omega \left( t - \frac{x}{v} \right) + \varphi_0 \right]$ .

Определим волновое число как:  $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{vT} = \frac{\omega}{v}$ . Тогда уравнение плоской

бегущей волны можно записать в виде:  $\xi(x, t) = A \cos(\omega t - kx + \varphi_0)$ .

Длиной волны  $\lambda$  называется расстояние между ближайшими частицами, колеблющимися в одинаковой фазе:  $\lambda = vT$  или  $v = \lambda \nu$ , где  $\nu$  – частота колебаний,  $v$  – скорость распространения волны. Скорость  $v = \frac{dx}{dt}$  в этих

уравнениях есть скорость распространения фазы волны и ее называют *фазовой скоростью*. *Волновым пакетом* называется суперпозиция волн, мало отличающихся друг от друга по частоте, занимающая в каждый момент времени ограниченную область пространства. *Групповой скоростью  $u$*  называется скорость движения группы волн, образующих в каждый момент времени локализованный в пространстве волновой пакет, или скорость движения центра волнового пакета:

$u = \frac{dx}{dt} = \frac{d\omega}{dk}$ . Связь групповой и фазовой скоростей:  $u = v - \lambda \frac{dv}{d\lambda}$ .

Отличие графика волны от графика гармонического колебания: график волны представляет зависимость смещения всех частиц среды от расстояния до источника колебаний в данный момент времени; график гармонического колебания это зависимость смещения данной частицы от времени  $\xi = \xi(x = const, t)$ .

*Бегущими волнами* называются волны, которые переносят в пространстве энергию. Перенос энергии количественно характеризуется вектором плотности потока энергии (вектор Умова). Примерами бегущих волн являются плоская и сферическая волны. Волна называется *плоской*, если ее волновые поверхности представляют совокупность плоскостей, параллельных друг другу. Волна называется *сферической*, если ее волновые поверхности имеют вид концентрических сфер. Центры этих сфер называются центром волны. *Волновым фронтом* называется геометрическое место точек, до которых доходят колебания к определенному моменту времени  $t$ . *Волновой поверхностью* называется геометрическое место точек, колеблющихся в одинаковой фазе.

*Наложение волн.* Излучения, одинаковые по физической природе с разной длиной волны, могут взаимодействовать друг с другом, интерферировать. *Интерференцией* волн называется явление наложения волн, при котором происходит устойчивое во времени их взаимное усиление в одних точках пространства и ослабление в других в зависимости от соотношения между фазами этих волн (рис. 3.4а).

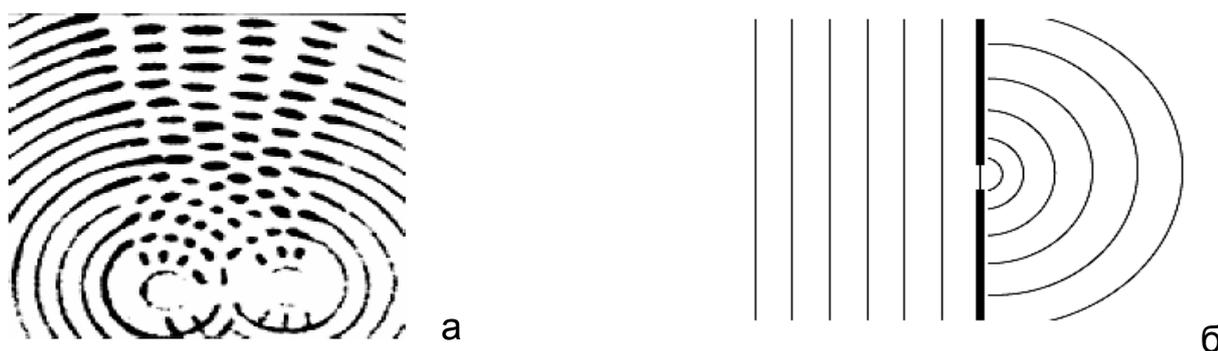


Рис. 3.4. Примеры интерференции двух волн (а) и дифракции плоской волны на отверстии малых размеров (б)

В этом случае могут возникнуть следующие частные эффекты:  
1) образование стоячих волн; они образуются при наложении двух

бегущих волн, распространяющихся навстречу друг другу с одинаковыми частотами и амплитудами. Эти волны не переносят энергию; 2) образование бегущих волн, которые переносят энергию; 3) генерация биений – периодическое уменьшение и увеличение амплитуды суммарного излучения; 4) генерация волнового пакета – образуются максимумы амплитуды, имеющие прерывистое распределение (волновой пакет Гаусса); 5) проявление эффекта Доплера – изменение длины и амплитуды волн при движении приемника или источника излучения. В итоге конечный результат проявления от наложения волн зависит от их свойств: физической природы, когерентности, поляризации и т. д.

*Явление резонанса.* Резонанс (фр. *resonance*, от лат. *resono* – откликаюсь) – явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний, которое наступает при приближении частоты внешнего воздействия к характерным значениям (резонансным частотам), определяемым свойствами системы. Увеличение амплитуды является следствием резонанса, а причина состоит в совпадении внешней (возбуждающей) частоты с внутренней (собственной) частотой колебательной системы. В природе при помощи явления резонанса можно выделить и/или усилить даже очень слабые периодические колебания. Степень отзывчивости системы в теории колебаний описывают с помощью величины, которую называют добротность. Наиболее известна для людей механическая резонансная система – это обычные качели. Если подталкивать качели в соответствии с их резонансной частотой, размах движения будет увеличиваться, в противном случае движения будут затухать. Резонансные явления в окружающем мире могут инициировать необратимые разрушения в разных механических (и других) системах, например, в неправильно спроектированных зданиях, мостах. Основу работы *механических резонаторов* обычно представляет преобразование кинетической энергии в потенциальную и обратно. В устройствах электроники явление резонанса возникает на какой-то определенной частоте в момент, когда индуктивная и емкостная составляющие реакции системы уравновешены, что позволяет энергии циркулировать между магнитным полем в индуктивном элементе и электрическим полем в конденсаторе. Механизм резонанса состоит в том, что магнитное поле в индуктивности генерирует электрический ток, который заряжает конденсатор, а в процессе разрядки конденсатора создается магнитное поле в

индуктивности – этот процесс повторяется многократно, по аналогии с механическим маятником. Электрическое устройство, которое состоит из емкости и индуктивности, называют *колебательным контуром*. Его элементы могут быть подключены или последовательно или параллельно. Резонансные процессы в электрических колебательных контурах применяются в электронике в элементах настройки, электрических фильтрах. Резонансная частота (на которой происходит резонанс) обуславливается номиналами (величинами) используемых элементов. Часто в природе и технике явление резонанса может быть и вредным, если оно рождается в неожиданном месте, например, из-за повреждения, недостаточно качественного проектирования или производства электронного устройства. Такое явление может вызывать паразитный шум, искажения сигнала, и в некоторых случаях повреждение компонентов. Для реальных систем понятие резонансной частоты тесно связано с понятием полосы пропускания, которую характеризуют как диапазоном частот, в котором реакция системы мало отличается от реакции на резонансной частоте. Ширина полосы пропускания обуславливается добротностью системы. Явление резонанса является важнейшим физическим процессом, который используется при проектировании звуковоспроизводящих устройств, большинство которых содержат резонаторы, например, струны и корпус скрипки, трубка у флейты, корпус у барабанов. Свойства резонанса частот обеспечивают стабильность вращений и обращений в Солнечной системе. Вращение Луны является резонансным к ее обращению. Приливы порождаются Солнцем и Луной как в водной оболочке Земли, так твердой Земле (она удлиняется до 30 см). Наша планета также "вытягивает" Луну примерно на 40 см. Взаимное местоположение Солнца и Луны изменяет величину приливов. Во время полнолуния или новолуния их приливные действия складываются, в этом случае приливы большие – сизигийные (от греч. *syzygia* – соединение, пара). Если Луна находится в первой или третьей четверти, то приливы существенно меньше и их называют квадратурными. Вследствие влияния приливных сил Луна обращена к Земле одной стороной и ее период вращения вокруг своей оси сравнялся с ее "годом".

*Эффект Доплера* – изменение регистрируемых приемником частоты и длины волн, которое вызывается движением их источника и/или движением приемника. Этот эффект присущ всем типам

волн – звуковым в атмосфере, упругим в твердом теле, волн на воде, световых волн. Сущность явления: если источник волн движется относительно среды, то расстояние между гребнями волн (длина волны) зависит от скорости и направления движения. Если источник движется *по направлению к приемнику*, то есть догоняет испускаемые им волны, *то длина волны уменьшается*. Если удаляется – длина волны увеличивается. Частота  $\omega$ , регистрируемая приемником:  $\omega = \omega_0 \cdot [(1 + u/c)/(1 - v/c)]$ , где  $\omega_0$  – частота, с которой источник испускает волны,  $c$  – скорость распространения волн в среде,  $v$  – скорость источника волн относительно среды (положительная, если источник приближается к приемнику и отрицательная, если удаляется),  $u$  – скорость приемника относительно среды (положительная, если он движется по направлению к источнику). Поскольку явление характерно для любых колебательных процессов, то его очень легко наблюдать для звука. Частота звуковых колебаний воспринимается на слух как высота звука. Эффект Доплера очень широко распространен в окружающей природе и применяется в науке, технике и т. д. Например, с помощью эффекта Доплера по спектру небесных тел определяется их лучевая скорость; доплеровские радары широко применяются в самых разных областях: для определения скорости летательных аппаратов, кораблей, автомобилей, гидрометеоров (например, облаков), морских и речных течений а также других объектов; с помощью эффекта Доплера измеряют скорость потока жидкостей (при этом не требуется помещать датчики непосредственно в поток) и др.

Волны могут **взаимодействовать с материальными объектами (телами) и границами раздела сред**. Если на пути волны встречается какой-либо дефект среды, тело или граница раздела двух сред, то это приводит к искажению нормального распространения волны. В результате этого наблюдаются следующие явления (эффекты, возникающие при этих процессах, зависят от свойств волны и характера препятствия): 1) отражение; 2) преломление; 3) рассеяние; 4) дифракция; 5) резонанс.

**Явление дифракции** (от лат. *diffractus* – разломанный) появляется в случае, если плоская волна с длиной  $\lambda$  попадает на преграду с щелью шириной  $s$ . Картина поля, которая возникает при этом, значительно зависит от соотношения размеров препятствий и длины волны. На рис. 3.4б показано изменение структуры поля плоской волны, которая "просачивается" через отверстие малых размеров. В ряде случаев анализ дифрагированного поля возможно снова выполнить на основе

рассмотрения элементарных волн и принципа Х. Гюйгенса. *Дифракционная картина* получается, если расстояния между щелями небольшие (порядка  $300/1$  мм). Такую систему щелей называют *дифракционной решеткой*. Пучок белого света при попадании на нее разбрасывается достаточно широко, и по обеим сторонам от узкой белой центральной полосы будут видны широкие цветные полосы – спектры. Изучением и измерением спектров занимается специальная наука – *спектроскопия*. С помощью спектроскопии был установлен состав атмосферы Земли и небесных тел. Длины волн измеряют с погрешностью до  $10^{-10}$ , а смещения – еще точнее. Исключительная узость спектральных линий, строгая закономерность распределения их по шкале частот и смещение спектральных линий в электрическом и магнитном полях позволили получить много сведений о строении атомов и построить разнообразные модели строения атома. Возникновение дополнительных акустических или электромагнитных полей в результате дифракции волн на препятствиях, помещенных в среду, на неоднородностях среды, а также на неровных и неоднородных границах сред, называется **рассеянием** волн.

При рассеянии результирующее поле можно представить в виде суммы первичной волны и рассеянной (вторичной) волны, возникшей в результате взаимодействия первичной волны с препятствиями. Если препятствий много, то общая картина поля образуется суммированием повторно и многократно рассеянных волн. Если свойства среды, влияющие на скорость распространения волны, меняются, то может наблюдаться такое явление, как рефракция. **Рефракцией** называется искривление траектории распространения волны в неоднородной среде.

Явление **поляризации**, свойственно только поперечным волнам. Оно заключается в следующем: луч света, пропускаемый через два поляризатора (например, кристалла исландского шпата), подвергается двойному лучепреломлению в зависимости от взаимной ориентации осей кристаллов.

В природе большая часть источников испускает некогерентный и неполяризованный свет, когда направление вектора напряженности электрического поля  $E$  непрерывно меняется в плоскости, перпендикулярной направлению распространения. неполяризованный свет поляризуется при пропускании через поляризатор. Им может быть экран из ряда тонких параллельных проволочек для микроволнового излучения или фильтр из кристаллической пластинки (турмалина,

исландского шпата, кварца, пленки кристаллов герпатита, нанесенной на стекло). Неполяризованный солнечный свет приобретает поляризацию при отражении от поверхностей воды, песка, земли и т. д. При этом, если ось поляроида перпендикулярна плоскости поляризации отраженного света, отражение гаснет.

Поляризованный свет широко применяется человеком в науке, технике и в быту, например, он применяется для гашения зеркальных "бликов" при фотографировании, предупреждения ослепления водителя встречным транспортом, регулирования освещенности и др. Излучаемый каждым атомом свет строго поляризован. В этом случае направления векторов поляризации от всех атомов обуславливаются случайными причинами и не имеют определенной ориентации в пространстве. И световой луч можно представить в виде нити, которая состоит из множества свитых волнистых волокон. Для поляризации луча надо привести этот хаос в порядок. А это делают с помощью различных поляризационных фильтров.

**Звуковыми** называют упругие волны, вызывающие у человека ощущение звука. Среди них различают: тоны или музыкальные звуки; шумы; звуковые удары. Набор частот с указанием интенсивностей компонент называют акустическим спектром. *Интенсивность звуковой волны* пропорциональна квадрату амплитуды и определяется как скорость потока энергии через единичное поперечное сечение. Наименьшая интенсивность звука, которую слышит человеческое ухо, порядка  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>, ее называют *порогом слышимости*. Человеческое ухо способно воспринимать только часть звуковых колебаний, которые, попадая на барабанную перепонку, возбуждают нервную реакцию. Высота звука определяется частотой колебаний: она тем выше, чем больше частота. Интервалу волн длиной от 20 м до 1,6 см, воспринимаемых ухом, соответствует диапазон частот между 16 и 20 000 Гц соответственно. Скорость звука имеет конечную величину, причем не одинаковую для низких и высоких тонов и существенно зависит от плотности среды, в которой он распространяется.

Поскольку волна переносит энергию и импульс, то ее можно использовать *для передачи информации* (чаще всего речь идет об электромагнитных волнах). При этом скорость передачи информации никогда не может превышать скорости света в вакууме, что было подтверждено экспериментально. Это свойство волн в последние десятилетия очень широко (практически повсеместно) используется человеком в радиосвязи, радионавигации, системах Интернет и др.

### 3.7. Практические задания

1. Поясните, какой вид будут иметь картина силовых линий в случае, когда электрическое поле создается несколькими зарядами.

2. На основании картины линий напряженности электрического поля и знака у потока силовых линий, сделайте заключение о том, является точечный положительный заряд источником или стоком.

3. Кратко опишите, какие типичные фрагменты структуры электрического поля имеются в картине силовых линий точечного отрицательного заряда (является ли везде поле однородным)?

Сформулируйте, что представляют линии напряженности электрического поля.

На основании картины линий напряженности электрического поля и знака у потока силовых линий, сделайте заключение о том, является точечный отрицательный заряд источником или стоком.

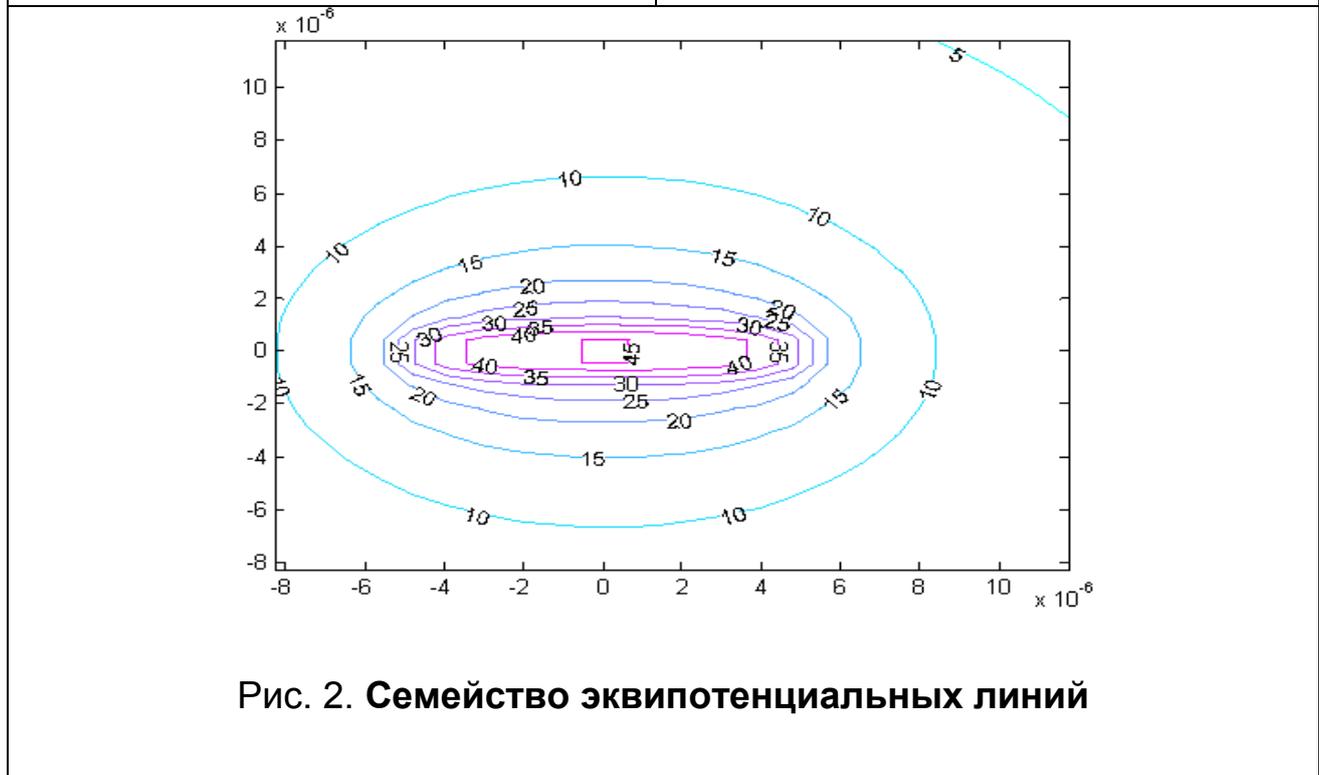
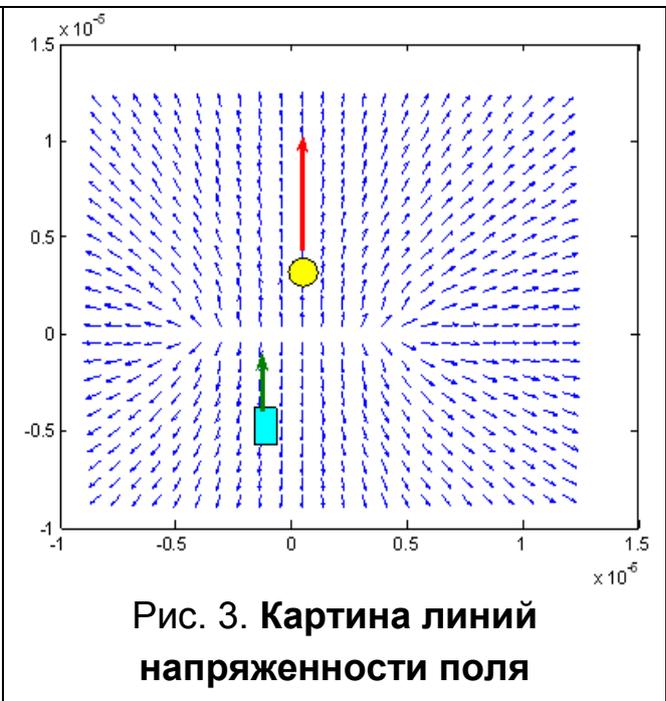
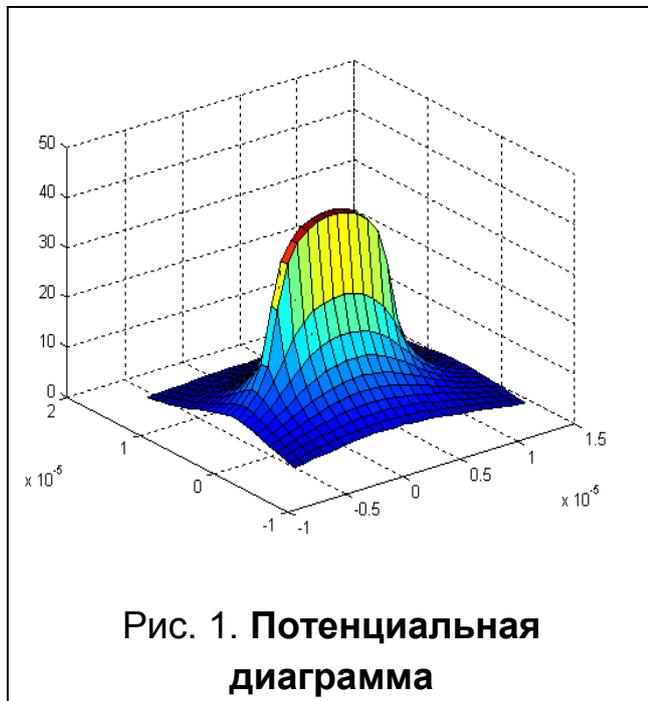
4. Рассмотрите случаи, когда сначала положительная, а затем отрицательно заряженная пылинка (или молекула газа), попадает в какую-то точку электростатического поля. Объясните, что будет происходить с пылинками с точки зрения того, как меняться потенциал и потенциальная энергия при их перемещении. Проведите аналогию с упругим мячиком, попавшим в яму. Сделайте заключение о том, какой вид движения будет у пылинок (равномерный, равноускоренный, равнозамедленный).

5. Изучите и поясните какой вид будут иметь потенциальная диаграмма (рис. 1), семейство эквипотенциальных линий (рис. 2) и картина линий напряженности поля (рис. 3), в случае, когда электростатическое поле создается линейной системой (расположены на линии) положительных зарядов.

#### *Пример решения задачи*

Рис. 1 позволяет понять, что значит термин – *потенциальный барьер*. Потенциальная диаграмма представляет некое возвышение, распределенное вдоль одной координаты. Его и называют барьером. Согласно нашим обычным представлениям, можно говорить о том, что всякая положительно заряженная частица, подходя к барьеру со стороны его широкой части сможет преодолеть его, если ей удастся "перепрыгнуть" через него. Если полная энергия такой частицы меньше

энергии гребня потенциального барьера, то, если судить по расположению стрелок, характеризующих действие силы на пробный единичный положительный заряд, положительно заряженная частица остановится и повернет обратно.



То есть она не сможет пройти сквозь барьер. Преодолеть барьер ("перепрыгнуть" его) может лишь та частица, которая обладает достаточно большой энергией (движется выше гребня барьера).

Вопреки нашим представлениям, обусловленным классической механикой, в квантовой механике если барьер очень узок, то частица сможет с определенной вероятностью пройти сквозь барьер (как бы по туннелю). Это явление преодоления узкого потенциального барьера называют туннельным эффектом. Причины такого парадоксального поведения заряженной частицы – в волновых свойствах частиц малой массы (микрочастиц).

6. Свойства электростатического поля находят широкое применение в практической жизни и в промышленности. В частности, воздействие электростатического поля на заряженные тела позволяет решать ряд насущных технологических задач.

Широкое развитие получили технологии, которые включают три основных процесса: электризацию вещества, формирование движения в электрическом поле и распределение готового продукта. Назовите и поясните где и как используют взаимодействие заряженных частиц с электрическим полем.

Изучите и поясните, какой вид будут иметь картина магнитного поля в случае если его вихрем является петля с постоянным током (круговой ток в плоскости  $xy$ ).

7. На основании анализа изображений, получаемых путем визуализации структуры поля скоростей в потоке жидкости, сделайте выводы о следующем.

Имеет ли поле скоростей в потоке жидкости стоки и истоки?

Имеются в картине турбулентность, свидетельствующая о наличии вихрей в потоке жидкости. Сформулируйте, является ли исследуемое поле скоростей в потоке жидкости потенциальным или соленоидальным

8. Изучите и поясните, какой вид будут иметь совместная картина визуального представления развития такого сложного явления как развитие атмосферных вихрей (типа смерча) в пространстве.

### **Контрольные вопросы**

1. Определите понятие поля. Приведите примеры
2. Поясните понятия векторное поле и векторная функция. Приведите примеры.

3. Чем и как определяются электрические свойства тел? Что означает понятие: электростатическое электрическое поле?
4. Назовите и поясните основные характеристики волны.
5. Чем волна отличается от колебания?
6. Что представляют колебания? Приведите примеры из окружающего мира.
7. Поясните суть корпускулярной и континуальной теорий.
8. Поясните, что означает понятие – корпускулярно-волновой дуализм в природе.
9. Поясните, на какие уровни условно разделяется доступная нам природа.
10. Поясните понятие наномира.
11. Что означает понятие – геоцентрический мир?
12. Какие четыре уровня вещества выделяются в современной науке в микромире?
13. Что такое агрегатное состояние вещества? Приведите характерные примеры.
14. Что называют элементарными частицами?
15. В чем состоит важная концепция современного естествознания?
16. Что такое орбиталь? Приведите характерные примеры и кратко поясните их.
17. Охарактеризуйте современное представление положения электрона в атоме.
18. Эффект Доплера – его суть и значение для науки и техники. Приведите и поясните примеры.
19. В чем состоит явление дифракции волн?
20. Что такое интерференция волн?
21. В чем состоит явление резонанса?
22. Какими способами могут генерироваться волны в природе?
23. В чем суть формулировки квантовой теории через интегралы по траекториям (пропагаторная)?
24. Поясните, что такое плазма?

## 4. Основы современных технологий. Концепции микро- и наномира

### 4.1. Основные понятия о технологиях

#### 4.1.1. Понятие технологий

Одна из главных особенностей нынешнего времени состоит в том, что при подготовке специалистов в вузах необходимо развивать интерес к технологии. Содержание термина технология: от греч. *τέχνη* – умение, искусство, мастерство; др.-греч. *λόγος* – мысль, причина; методика, способ производства – *комплекс организационных мер, операций и приемов*, направленных на изготовление, обслуживание, ремонт, эксплуатацию и/или утилизацию изделия (предмета технологии) с номинальным качеством и оптимальными затратами, и обусловленных текущим уровнем развития науки, техники и общества в целом.

Под технологией следует понимать использование естественных наук и математики в интересах общества (человека), то есть приложение естественнонаучных и математических принципов для определения и достижения практических целей. Технология – это искусство использования науки, осмысленное, раскрытое в определенном значении, в своих истоках и механизмах. Часто используют следующее определение: технология – это совокупность методов, процессов и материалов, которые применяются (используются) в какой-либо отрасли деятельности, а также научное описание способов производства.

При этом термины следует понимать так: *изделие* – любой конечный продукт труда (материальный, интеллектуальный, моральный, политический и т. п.); *номинальное качество* – прогнозируемое или заранее заданное качество, оговоренное техническим заданием и согласованное техническим предложением; *оптимальные затраты* – минимально возможные затраты, которые не влекут за собой ухудшение условий труда, санитарных и экологических норм, норм технической и пожарной безопасности, сверхнормативный износ орудий труда, а также финансовых, экономических, политических и прочих рисков.

Как это часто принято в науке понятие технология трактуют в *широком и узком смысле*. В первом случае – это объем знаний, которые

можно использовать для производства товаров и услуг из экономических ресурсов, а во втором – это способ преобразования вещества, энергии, информации в процессе изготовления продукции, обработки и переработки материалов, сборки изделий, контроля качества, управления.

*Технология включает в себе* методы, приемы, режим работы, последовательность операций и процедур, она тесно связана с применяемыми средствами, оборудованием, инструментами, используемыми материалами.

Описание технологии в разных сферах деятельности людей различно. Например, в промышленном и сельскохозяйственном производстве оно выполняется в документах, которые называются *операционная карта технологического процесса* (при подробном описании) или *маршрутная карта* (при кратком описании); в экономике и политэкономии при изменении общественного мнения используется термин *Пи-Ар* (от англ. PR – Public Relations – связь с широкой общественностью), который часто неправильно воспринимается общественностью как рекламная или информационная акция.

Основой *современных технологий* являются достижения научно-технического прогресса. Они ориентированы на производство материального продукта, который создает *материальная* технология или информационного продукта, создаваемого *информационными технологиями* (ИТ).

В настоящее время технология является важной *научной и учебной дисциплиной*, разрабатывающей и совершенствующей, методы, способы и инструменты материального и информационного производства.

Часто в быту технологией называют описание различных производственных процессов, инструкции по их выполнению, технологические требования и т. д. Поэтому технологией или технологическим процессом часто называют также сами операции добычи, транспортировки и переработки, которые являются основой производственного процесса.

Важной частью технологии на производстве является технический контроль.

Разработкой технологий занимаются специалисты в соответствующих областях материального и информационного производства: технологи, инженеры, конструкторы, программисты, техники и др.

По методологии ООН технология определена так: 1) либо технология в чистом виде, охватывающая методы и технику

производства товаров и услуг (*dissembled technology*); 2) либо воплощенная технология, охватывающая машины, оборудование сооружения, целые производственные системы и продукцию с высокими технико-экономическими параметрами (*embodied technology*).

### **Высокие технологии** (англ. *high technology, high-tech*)

Наиболее новые, передовые и прогрессивные технологии современности называются *высокими технологиями*. Переход к их использованию и соответствующей им техники на современном этапе является важнейшей составляющей научно-технической революции (НТР). К высоким технологиям обычно относят самые наукоемкие отрасли промышленности: микроэлектроника, вычислительная техника, робототехника, атомная энергетика, авиационная и космическая техника, микробиологическая промышленность, генетика.

### **Классификация технологий**

С учетом современного развития нашего общества актуально рассмотреть следующую классификацию.

*Машиностроительные технологии* – разработка процессов конструирования и производства различных машин, приборов и механизмов. Они включают в себя: технические расчеты, выбор материалов и технологии производства, проектирование машиностроительных заводов и организация производства на них.

*Информационные технологии (ИТ, англ. information technology, IT)* – большой класс дисциплин и областей деятельности людей, которые относятся к технологиям управления, накопления, хранения, обработки и передачи информации (в основном на компьютерах) для получения информации нового качества о состоянии объекта, процесса или явления (информационного продукта). В настоящее время под информационными технологиями обычно подразумевают *компьютерные технологии* с использованием компьютеров и программного обеспечения для получения, хранения, преобразования, защиты, обработки и передачи информации. Специалистов по компьютерам часто называют *IT-специалистами*.

*Телекоммуникационные технологии* – это совокупность проводных и беспроводных средств, способов (методов) и систем связи. Взаимодействие людей через телекоммуникационную систему или

человека с техническими средствами осуществляется через специфические интерфейсы, которые становятся все более простыми и эргономичными. Такая эволюция интерфейсов становится возможной только за счет усложнения технологий (высоких технологий). Для модернизации сети доступа и транзитной сети сегодня могут быть использованы синхронная цифровая иерархия (SDH), пассивные оптические сети (PON), асимметричные цифровые абонентские линии (ADSL), гибридные системы "оптическое волокно – коаксиальный кабель" (HFC), кабельное телевидение (CATV), асинхронный режим передачи (ATM), предназначенный для широкополосных сетей с интеграцией услуг (B-ISDN). Именно широкополосные сети станут основой, на которой будут развиваться услуги для проводных средств связи.

*Инновационные технологии* – совокупности методов и средств, которые поддерживают этапы реализации нововведения. Сейчас часто выделяют виды инновационных технологий: 1) внедрение; 2) тренинг (подготовка кадров и инкубация малых предприятий); 3) консалтинг; 4) трансферт; 5) инжиниринг и др.

### **Жизненный цикл технологии**

*Жизненный цикл технологии* – это совокупность стадий от зарождения технологических нововведений до их рутинизации. В науке считают, что он состоит из следующих этапов:

1) *новейшая технология* – любая новая технология, имеющая высокий потенциал;

2) *передовая технология* – та, которая зарекомендовала себя, но еще достаточно новая, имеет небольшое распространение на рынке;

3) *современная технология* — признанная технология, является стандартом, растет спрос на нее;

4) *не новая технология* – все еще полезная технология, но уже существует более новая технология, поэтому спрос начинает падать;

5) *устаревшая технология* – технология устаревает и заменяется более совершенной (имеет место очень малый спрос или полный отказ от этой технологии в пользу новой).

**Типы потребителей технологии:** 1) *новаторы* – это те, кто следят за технологическими новинками, всегда стараются получить к ним доступ еще до широкого появления их на рынке; 2) *ранние последователи* – категория потребителей, решения которых базируются

на осознаваемой ими степени соответствия между преимуществами новой технологии и их интересами; 3) *раннее большинство* – для этой категории потребителей важно в первую очередь практическое значение новой технологии; 4) *позднее большинство* – эта категория потребителей ждет, пока продукт не станет общепризнанным стандартом; 5) *отстающие* – эта категория потребителей не следит за технологическими новинками, они приобретают технологию, если она внедрена в какой-либо товар, но не пользуются ей.

#### **4.1.2. Современные и перспективные технологии**

*Новые (современные) технологии* – это те технические нововведения, которые представляют прогрессивные изменения в рамках области конкурентного преимущества. В любое время в обществе существуют различные мнения по вопросу о статусе, значимости, целесообразности и экономической жизнеспособности разных новых технологий. Поэтому по многим новым технологиям и их последствиям для общества идут постоянные общественно-политические дискуссии.

Приведенный далее список новых перспективных технологий содержит некоторые из самых выдающихся текущих событий, достижений и инноваций в различных областях современных технологий:

1) *сельское хозяйство*: мясо из пробирки, вертикальное выращивание;

2) *биотехнологии и здравоохранение*: генетическая инженерия; синтетическая биология и геномика; искусственный фотосинтез; лекарства от старения; криопротекторы; анабиоз; лечение стволовыми клетками; персонафицированная медицина, полная расшифровка генома; имплантаты и протезы; регенеративная медицина; роботизированная хирургия; наномедицина; тканевая инженерия;

3) *энергетика*: управляемый термоядерный синтез; геотермальная энергетика; биотопливо; водородная энергетика; нанопроводниковый аккумулятор; ионистор; беспроводная передача электричества; органические солнечные батареи;

4) *транспорт*: электромобиль; персональный автоматический экологически чистый транспорт; персональный воздушный транспорт; предохлажденный реактивный двигатель; гиперзвуковой двигатель;

полеты в космос без ракет на основе различных физических явлений – фотонный двигатель, электромагнитная катапульта, космическая пушка, космический лифт, космический фонтан;

5) *информационные технологии*: искусственный интеллект; мобильная связь 4G (мобильная широкополосность, мобильное телевидение, интерактивное телевидение, трехмерное телевидение); машинный перевод; машинное зрение; расширенное машинное познание, внешние усилители мозга; семантическая паутина или отвечающая машина; графический процессор общего назначения (ускорение параллельных вычислений); твердотельный накопитель (быстрая, бесшумная память с низким энергопотреблением); объемная оптическая память или голографическая память; спинтроника (магниторезистивная оперативная память); оптический компьютер; квантовый компьютер; квантовая криптография; беспроводная связь; безэкранный дисплей (дополненная реальность, виртуальная реальность); стереодисплей; органический светодиод; лазерный телевизор (трехмерное телевидение); 3D-принтер; погружение в виртуальную реальность;

6) *робототехника и прикладная механика*: групповая робототехника (автономные системы, космические конструкции); молекулярная нанотехнология, нанороботы; экзоскелет (переноска тяжестей, паралич, болезни мускулов, военные средства, строительство); микроэлектромеханические системы; молекулярные роторы, молекулярные пропеллеры;

7) *материаловедение*: высокотемпературная сверхпроводимость; высокотемпературная сверхтекучесть; углеродные нанотрубки; метаматериалы (микроскоп, фотоаппарат, маскировка); самовосстанавливающиеся материалы; программируемая материя; квантовая точка (лазер на квантовых точках с последующим применением в качестве программируемой материи при производстве дисплеев, оптической связи (высокоскоростная передача данных), в медицине (лазерный скальпель); фуллерены; графен; нанокристаллы; аэрогель;

8) *прочее*: светодиодные лампы; силовое поле (плазменное окно для защиты важных объектов); ускорительное оружие; энергетическое оружие; электролазер; антигравитация; космический лифт; солнечный парус; город под куполом (NASA разрабатывает Геодезический Купол для лунной колонии); адиабатическое размагничивание (более эффективное охлаждение).

### **4.1.3. Понятие "технологический уклад"**

В широком понимании понятие "уклад" обозначает обустройство, установившийся порядок чего-либо.

*Технологический уклад* характеризует единый технический уровень составляющих его производств, которые связаны потоками качественно однородных ресурсов и базируются на общих ресурсах квалифицированной рабочей силы, общем научно-техническом потенциале и др.

Технологический уклад – это индикатор, свидетельствующий о том, что под влиянием научно-технической революции совершается качественный скачок в развитии производительных сил, складывается новая структура общественного производства, существенно увеличивается роль человеческого фактора, усовершенствуются формы и методы управления производством, увеличивается роль мировых хозяйственных связей и, как следствие, модифицируются технологические уклады. Он также отражает то, что в настоящее время стремительными темпами в экономике развитых стран растет область высоких технологий.

#### **Технологические уклады (волны)**

В соответствии с теорией длинных волн Кондратьева научно-техническая революция развивается волнообразно, с циклами длительностью примерно в пятьдесят лет. В науке выделяют несколько технологических укладов (волн).

*Первая волна* (1785 – 1835 гг.): ее результатом стал первый технологический уклад, его основой стали новые технологии в текстильной промышленности, в применении энергии воды.

*Вторая волна* (1830 – 1890 гг.): ее результатом стал второй технологический уклад, его основой стали ускоренное развитие транспорта (строительство железных дорог, паровое судоходство), рождение механического производства во всех отраслях на основе парового двигателя.

*Третья волна* (1880 – 1940 гг.): ее результатом стал третий технологический уклад, основой которого стали применение в промышленном производстве электрической энергии, развитие тяжелого машиностроения и электротехнической промышленности на основе применения стального проката, новые открытия в химии. Были

внедрены в жизнь радиосвязь, телеграф, автомобили. возникли крупные фирмы, картели, синдикаты и тресты. В этот период на рынке господствовали монополии и стремительно начала расти концентрация банковского и финансового капитала.

*Четвертая волна* (1930 – 1990 гг.): ее результатом стал четвертый технологический уклад. Основой его стали дальнейшее развитие энергетики с использованием углеводородов (нефти и нефтепродуктов, газа), средств связи, новых синтетических материалов. Это период массового производства автомобилей, тракторов, самолетов, различных видов оружия, товаров народного потребления. Появились и массово распространились компьютеры (большие и настольные) и программные продукты для них, радары. В военных и позднее в мирных целях используется энергия атома. На основе конвейерной технологии создано массовое производство разных товаров. На рынке господствует конкуренция, возникли транснациональные и межнациональные компании, которые осуществляли прямые инвестиции в рынки различных стран.

*Пятая волна* (1985 – 2035 гг.): ее результатом стал пятый технологический уклад. Основой его стали достижения микроэлектроники, информатики, биотехнологий, геномной инженерии, новые виды энергии, материалы, освоение космического пространства, спутниковая связь. Совершается переход от разрозненных фирм к единой сети крупных и мелких компаний, соединенных на основе Интернета электронной сетью. Они реализовывают тесное взаимодействие в области современных технологий, контроля качества продукции, планирования инноваций. К элементам сегодня действующего пятого технологического уклада относят такие отрасли: электронная промышленность, вычислительная техника, программное обеспечение, авиационная промышленность, телекоммуникации, информационные услуги, производство и потребление газа. Основой развития уклада становятся биотехнологии, космическая техника, тонкая химия, микроэлектронные компоненты, робототехника. Ключевыми преимуществами этого технологического уклада в сравнении с четвертым укладом являются такие: индивидуализация производства и потребления, доминирование экологических ограничений на энерго- и материалопотребление на основе автоматизации производства, размещение разных производств и населения в малых городах на основе новых транспортных и телекоммуникационных технологий и др.

Сегодня мир находится на пороге *шестого технологического уклада*. Весь мир сейчас вступает в него. По данным американских экспертов и различным оценкам, это произойдет в развитых странах в 2014 – 2018 году. Очертания этого технологического уклада только начинают формироваться в развитых странах мира, в первую очередь в США, Японии и КНР. Их характеризуют нацеленность на развитие и применение наукоемких "высоких технологий". Основой шестого уклада будут биотехнологии, микро- и нанотехнологии, робототехника, новая медицина, полномасштабные технологии виртуальной реальности, новое природопользование. Это технологический уклад строится на таких направлениях развития, как глобальные информационные сети, альтернативная энергетика. Рождение и развитие технологий этого уклада происходит уже в течение примерно 20 лет. На передовые позиции сейчас выходят микромеханика, биотехнологии, нанотехнологии, мембранные и квантовые технологии, геновая инженерия, фотоника, термоядерная энергетика. Достижения на этих передовых направлениях развития науки, техники и технологий должны привести к созданию, например, квантового компьютера, искусственного интеллекта и в конечном счете обеспечат выход на качественно (принципиально) новый уровень в системах управления обществом, экономикой и государством.

## 4.2. Вакуум. Вакуумные технологии

### Основные понятия о вакууме.

*Вакуум* (от лат. *vacuum* – пустота) – это материальная среда, в которой содержится газ при давлениях существенно ниже атмосферного. Вакуум характеризуют соотношением между длиной свободного пробега молекул газа  $\lambda$  и характерным размером процесса  $d$ . В зависимости от величины соотношения  $\lambda/d$  различают: 1) низкий ( $\lambda/d \ll 1$ ); 2) средний ( $\lambda/d \sim 1$ ); 3) высокий ( $\lambda/d \gg 1$ ) вакуум. Вакуумом называют и состояние газа, для которого средняя длина пробега его молекул сравнима с размерами сосуда или больше этих размеров.

В науке различают понятия физического вакуума и технического вакуума. На практике сильно разреженный газ называют *техническим вакуумом* (газ в любом сосуде с давлением ниже, чем в окружающей атмосфере).

Технические устройства, которые применяются для достижения и поддержания вакуума, называют *вакуумными насосами*. Обычно низковакуумный насос располагают между атмосферным воздухом и высоковакуумным насосом. С его помощью создают предварительное разрежение газа, поэтому низкий вакуум называют форвакуумом. В процессе дальнейшего понижения давления в камере, растет средняя длина свободного пробега  $\lambda$  молекул газа. При  $\lambda/d \gg 1$  молекулы газа уже не сталкиваются друг с другом. Они свободно перемещаются между стенками и в этом случае говорят о *высоком вакууме* ( $10^{-5}$  Торр) (1 000 молекул на  $1 \text{ см}^3$ ). Давление газа в сверхвысоком вакууме составляет  $10^{-9}$  Торр и ниже. В сверхвысоком вакууме, например, обычно проводятся эксперименты с использованием сканирующего туннельного микроскопа. Заметим, что в космосе давление на несколько порядков ниже, в дальнем же космосе и вовсе может достигать  $10^{-30}$  Торр и меньше (1 молекула на  $1 \text{ см}^3$ ). В природе встречается и полное отсутствие молекул.

Кроме вакуумных насосов для поглощения газов и создания необходимой степени вакуума используются *геттеры*: в небольших объемах высокий вакуум получают путем химической связи молекул газа с поверхностью материала. Обычно такая реакция протекает при высоких температурах с материалом, называемым геттером. Геттеры широко используются в электровакуумных приборах для создания высокого вакуума и поддержания его в процессе эксплуатации приборов. В качестве испаряемого геттера чаще всего применяют барий, который нагревают и испаряют с помощью токов высокой частоты в электровакуумном приборе после его отпайки от откачивающего устройства. Осаждаясь на стенках, геттер образует пленку, которая связывает оставшиеся после откачки молекулы газа. Налет, образованный геттером, можно увидеть на стенках вакуумных ламп или кинескопов.

Термин *вакуумная техника* является более широким и включает в себя также приборы для измерения и контроля вакуума, манипулирования объектами и выполнения технологических операций в вакуумной камере и т. д.

Высоковакуумные насосы представляют собой сложные технические приборы.

**Основные типы высоковакуумных насосов:** 1) *диффузионные* – основаны на увлечении молекул остаточных газов потоком рабочего газа; 2) *геттерные* – основаны на внедрении молекул газа в геттеры (например титан) и 3) *криосорбционные* (в основном для создания форвакуума).

Вакуум обладает многими полезными свойствами, которые находят применение в различных областях науки и техники.

Например, в вакууме *резко снижается химическая активность кислорода в процессе окисления металлов.*

При очень высоких степенях разрежения воздуха поверхности тел остаются чистыми в течение нескольких часов, что позволяет проводить их исследование.

В условиях вакуума различные частицы могут проходить без столкновений большие расстояния. Такая особенность вакуума позволяет *управлять с помощью электрических и магнитных полей движением заряженных частиц* – электронов, ионов и протонов, что осуществляется в ускорителях заряженных частиц, электронных микроскопах, кинескопах телевизоров и другой электронной аппаратуре. Поскольку распространение звука, тепло и массоперенос зависят от плотности газа, то с уменьшением давления указанные явления существенно ослабляются. На этом принципе основана термоизоляция в термосе.

Вакуум используется *в пищевой промышленности для сублимационной сушки продуктов*, что позволяет сохранить в них большее количество полезных веществ, чем при обычной сушке.

В зависимости от применения вакуума и способов его получения весь диапазон достижимых величин разрежения делят на несколько поддиапазонов (табл. 4.1). Области применения вакуума приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.1

### Границы поддиапазонов вакуума

Давление, Па	Название поддиапазонов вакуума
$10^5 - 10^1$	Низкий вакуум
$10^1 - 10^{-2}$	Средний вакуум
$10^{-2} - 10^{-5}$	Высокий вакуум
$10^{-5} - 10^{-10}$	Сверхвысокий вакуум

Под *физическим вакуумом* в современном естествознании понимают полностью лишенное вещества пространство. Квантовая теория поля утверждает, что в согласии с принципом неопределенности, в физическом вакууме постоянно рождаются и исчезают виртуальные частицы: происходят так называемые нулевые колебания полей.

Главный смысл новейших мировых открытий таков: во вселенной доминирует физический вакуум, по плотности энергии он превосходит все обычные формы материи вместе взятые. Хотя вакуум чаще всего называют космическим, он присутствует всюду, пронизывая насквозь все пространство и материю. Физический вакуум является самым энергоемким, в прямом смысле слова неисчерпаемым источником жизненно важной, экологически чистой энергии. Физический вакуум – это единое энерго-информационное поле вселенной.

Таблица 4.2

### Использование вакуума в науке и технике

Давление,	Области применения
$10^5 - 10^1$	Прессы и подъемные механизмы. Вакуумное формование
$10^3 - 10^{-2}$	Вакуумная плавка
$10^2 - 10^{-6}$	Изготовление тонких пленок
$1 - 10^{-4}$ $10^{-3} - 10^{-5}$ $10^{-1} - 10^{-5}$ $10^{-2} - 10^{-6}$	Вакуумное обезгаживание в печах. Электронная микроскопия. Электровacuумные приборы. Фотоэмиссия
$10^{-4} - 10^{-7}$ $10^{-4} - 10^{-10}$	Технология полупроводников. Ускорители частиц
$10^{-6} - 10^{-10}$ $10^{-7} - 10^{-10}$	Моделирование условий в космосе. Исследование поверхностей

В современной физике складывается принципиально новое направление научных исследований. Оно связано с изучением свойств и возможностей физического вакуума. Это научное направление становится господствующим, а результаты исследований, внедренные в прикладных сферах способны родить передовые прорывные технологии в энергетике, электронике, экологии и т. д.

Размер атома, который входит в состав твердого тела, существенно меньше любого известного в природе предмета, однако он значительно больше размера ядра, расположенного в центре атома. В ядре сосредоточено почти все вещество атома. А между электронами и ядром имеется громадное пространство, которое не заполнено веществом. Однако это пространство не пустое, это особый вид материи –

физический вакуум. Выходит, что даже внутри твердого и массивного предмета вакуум занимает неизмеримо большее пространство, чем вещество.

В современной науке установлено, что в основе происхождения вещества лежит материальная субстанция вакуума, и все свойства вещества определяются свойствами физического вакуума.

### 4.3. Наномир и нанотехнологии

#### **Понятие микро и нанотехнологий. Современные нанотехнологии**

Во второй половине XX в. было положено начало осуществления ряда долговременных научных программ. Их важность для развития науки и для общества в целом несомненна. Они выполняются и в настоящее время. Среди них – программа исследования космоса. Объединенными усилиями научных коллективов различных стран мира для изучения космоса (как ближнего, так и отдаленных уголков Вселенной) в результате реализации этой программы уже удалось создать успешно функционирующую международную космическую станцию, используя на ней новейшее оборудование и т. д. Такой программой является также грандиозная по замыслу и по объемам материальных и финансовых вложений международная программа "Геном человека". Как известно, ее цель заключается в расшифровке генного кода человека. Параллельно реализуются программы "Геномы животных". Успешно осуществляются ряд международных экологических программ, многие международные программы мониторинга объектов природы и т. д. В последние годы на основе единства науки и техники получила быстрое развитие очень перспективная и практически важная научная программа – "Развитие нанотехнологий". Уже нынешние ее достижения впечатляющие, и по мнению многих ученых, реализация этой программы приведет общество к следующей промышленной революции. Название этой программы отражает ее прикладной характер.

Что же это такое – нанотехнологии? Используют понятие нанотехнологии в широком и узком смысле.

В соответствии с *широким определением нанотехнология* представляет совокупность методов и приемов, применение которых обеспечивает возможность создавать и модифицировать объекты

(контролируемым образом), которые включают в себя компоненты с характерными размерами менее 100 нм и имеют принципиально новые качества, позволяют реализовывать их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба.

В соответствии с *узким определением нанотехнология* представляет собой конструирование вещества методом снизу вверх, с применением нанороботов.

К нанотехнологиям принято причислять процессы и объекты с характерным размером от 1 до 100 нм. Верхняя граница нанообласти соответствует минимальным элементам в больших интегральных схемах, которые широко применяются сейчас в полупроводниковой и компьютерной технике. Размер нижней границы в 1 нм (и вблизи него) обуславливается тем, что он является характерным для отдельно взятых молекул. Отметим, что радиус двойной спирали молекулы ДНК равен 1 нм, а многие вирусы имеют размер около 10 нм.

*Нанотехнология – архитектура на молекулярно-атомном уровне*, позволяющая выработать функциональные соединения и элементы необычно малых размеров, это производственная технология будущего, обеспечивающая недорогие средства для полного контроля над структурой вещества.

Термин "*нанотехнология*" был предложен в 1974 г. японским исследователем Танигучи для описания технологических процессов, оперирующих частицами размером от 0,1 до 100 нм.

В чем состоит отличие наномира от нанотехнологий? Часто путают наномир с нанотехнологиями, микромир с микронами и т. д.

*Микромир – это мир микрообъектов*. К микромиру причисляют и живые клетки (с их микронными размерами), и атомы (с их ангстремными, –  $10^{-10}$  м, размерами) а также ядра атомов (их размеры измеряются фемтометрами, –  $10^{-15}$  м). Понятие *нанотехнологии* относится именно к микромиру, несмотря на то, нанометры – это  $10^{-9}$  метра.

А что же представляет собой наномир? *Наномир* – это микро-микромир. В современной физике полагают, что *структура наномира* – это структура радиоэфира Фарадея – Максвелла. Элементы этой структуры обладают размерами  $10^{-35}$  м, то есть на 25 порядков меньше атома водорода. Технологией наномира является *планк-технология* (plank-technology), поскольку речь идет о планковских размерах элементов радиоэфира ( $10^{-35}$  м).

Подобно широко применяемым в настоящее время микротехнологиям в нанотехнологиях оперируют величинами порядка нанометра, имеют дело с величинами, которые в сотни раз меньше длины волны видимого света и сопоставимы с размерами атомов. По этой причине переход от "микро" к "нано" является качественным, а не количественным переходом. Это переход от манипуляций веществом к манипуляциям отдельными атомами.

В квантовой физике прошлого столетия при изучении объектов микромира оперировали (манипулировали) большей частью их математическими моделями.

В настоящее время ученые могут непосредственно оперировать (манипулировать) объектами микромира: создавать искусственно микрообъекты, проводить с ними различные перемещения в пространстве, то есть работать таким образом, будто мы имеем дело с привычными нам макрообъектами.

*Практическая нанотехнология* родилась в 1981 г. с изобретения *сканирующего туннельного микроскопа*. С его помощью можно перемещать отдельные атомы и молекулярные фрагменты в заранее определенные места. Это позволило осуществить программируемое атомное письмо – первый нанотехнологический процесс собирания атомов в наноразмерные "кучки" и выстраивании их в соответствии с заданным рисунком.

Новые понятия: *квантовые точки, квантовые диполи, квантовые проволоки* – относятся к квантовым интегральным схемам наноразмерных компьютеров будущего. Одиночные *квантовые точки*, образованные группой атомов и локализованные в заданном месте основной матрицы, собирают в виде *проволоки*, из которой далее формируют полевые *транзисторы* и простейшие интегральные схемы – *нейроны*, работающие элементы квантовых компьютеров.

В настоящее время в научных и технологических центрах нашей планеты нанотехнологии, выступающие в качестве технологий изготовления сверхмикроскопических конструкций из мельчайших материальных частиц, развиваются в основном по таким направлениям:

1) изготовление схем электроники (включая объемные) с активными элементами, величина которых порядка размера средней молекулы;

2) разработка и изготовление наномашин, то есть механизмов и роботов такого же размера;

3) непосредственная манипуляция атомами и молекулами и сборка из них всего сущего.

По этой причине они кажутся очень перспективными для получения новых конструкционных материалов, полупроводниковых приборов, устройств для записи информации, ценных фармацевтических препаратов и т. д. Развитие нанотехнологий может привести мир к новой технологической революции и существенно изменить среду обитания людей.

В нанотехнологиях находят объединение все технические процессы, которые изучаются в различных естественных науках и связаны непосредственно с атомами и молекулами. Это характеризует междисциплинарный характер нового направления в науке и естествознании. Развитие нанотехнологий вместе с рядом других междисциплинарных научных направлений в естествознании (синергетика, кибернетика, системный метод) выступает как очень ценное научное наследие прошлого столетия, как связующее звено, которое обеспечивает преемственность научных направлений в современном естествознании.

В наше время нанотехнологии очень быстро и широко входят в нашу жизнь. Например, обыденным в некоторых областях промышленности сейчас стал нанотехнологический контроль изделий и материалов на уровне атомов. К примеру, производство DVD-дисков невозможно без нанотехнологического контроля матриц. Сейчас в промышленных устройствах очистки питьевой воды и при получении сверхчистой воды очень широко применяются нанофильтрационные мембранные фильтры, позволяющие задерживать частицы молекулярного размера. Реальными стали квантовые точки в технологии получения полупроводниковых материалов (их эффективность в 1 000 раз больше известных). Среди последних важнейших наноновшеств можно отметить:

- ◆ "нанотрубки" и "нанонити" ("нановолокна"), которые состоят из 6 070 молекул, как новое состояние поверхности вещества и создание сверхлегких материалов;

- ◆ нанозеркало для лазеров со сверхвысокой отражающей способностью;

- ◆ атомная игла – сверхтонкая игла, сужающаяся на острие почти до одного атома. С ее помощью изучает можно изучать рельеф поверхности на молекулярном уровне (как атомный щуп);

- ◆ нанороботы-манипуляторы, которые создают различные поверхности переносом отдельных молекул;
- ◆ наногенераторы электрического заряда внутри человеческого организма для электропитания имплантатов;
- ◆ сверхскоростной нано-Интернет с потенциалом увеличения скорости в сотни раз;
- ◆ диагностика качества пищевых продуктов с помощью наносенсоров (квантовых точек) для выявления опасных химических или биологических загрязнителей пищевых продуктов;
- ◆ наногранулы, которые внутри человеческого тела доставляют молекулу лекарственного препарата прямо к рецептору (а не просто к органу-мишени), который также является молекулой и отвечает за реализацию физиологического эффекта;
- ◆ нанокод, то есть молекулы антител, иммобилизованные на поверхности нанонитей для идентификации антигенов (чужеродных веществ) по иммунной реакции;
- ◆ наночастицы косметического крема, проходящие через мембраны клеток кожи, для настоящего клеточного питания дермы.

Это далеко не полный перечень использования нанотехнологий в современном мире XXI в.

Что-то из перечисленного уже стало реальностью, что-то еще находится в стадии доработки. Важно, что уже сейчас все это работает и приносит огромную пользу.

Развитые страны, переживающие очередную технологическую – уже нанотехнологическую – революцию, уделяют особое внимание развитию биотеха.

*Биотехнологии* – это тот инструмент, с помощью которого могут быть разработаны принципиально новые персонифицированные лекарственные средства, позволяющие, как декларировал когда-то Гиппократ, лечить не болезнь, а больного. Они могут обеспечить здоровье нации, ее биобезопасность, стать надежным источником патентоспособных технологий.

### **Аллотропия в природе и наноматериалы**

В окружающей нас природе ряд химических элементов существует в виде двух и более простых веществ, различных по строению и

свойствам. В естествознании это свойство называют *аллотропией* (от др.-греч. *αλλος* – "другой", *τροπος* – "свойство"). Она может быть обусловлена образованием молекул с различным числом атомов. Другими словами, аллотропия – существование химических элементов в двух или более молекулярных или кристаллических формах. Чаще всего аллотропия связана с образованием кристаллов различных модификаций.

Аллотропами являются обычный кислород  $O_2$  и озон  $O_3$ ;  $O_2$  – кислород и  $O_3$  – озон. Кислород бесцветен, не имеет запаха, озон же пахуч, имеет бледно-фиолетовый цвет, он более бактерициден.

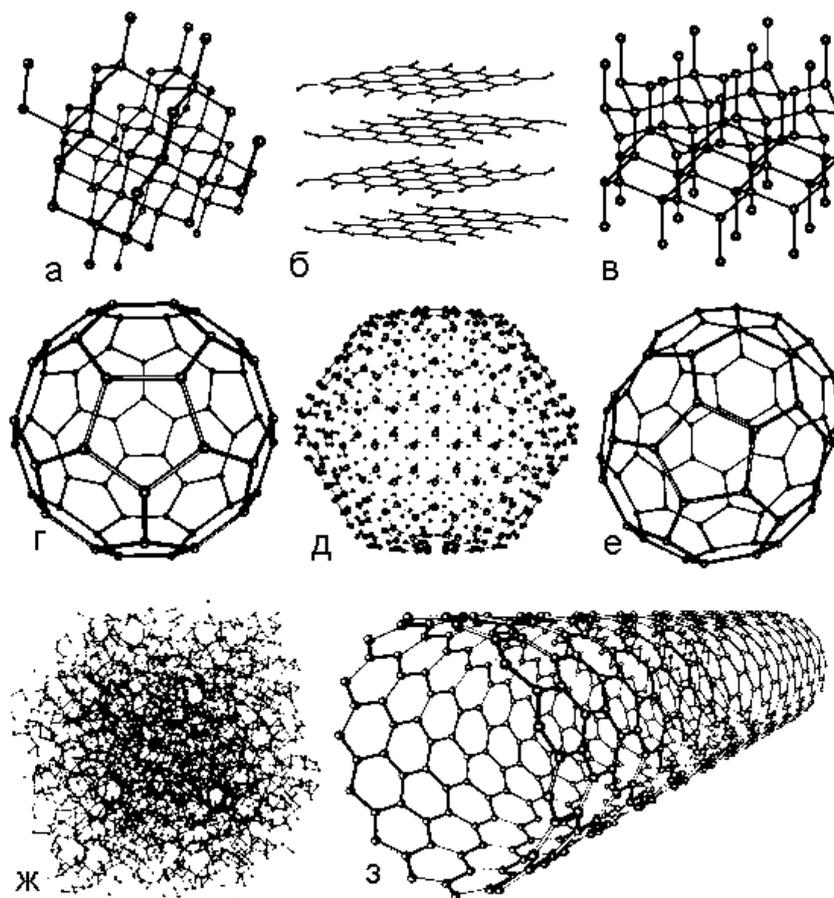
Водород может существовать в двух формах (модификациях) – в виде орто- и пара-водорода. В молекуле ортоводорода  $o-H_2$  (температура плавления –  $259,10\text{ }^\circ\text{C}$ , температура кипения –  $252,56\text{ }^\circ\text{C}$ ) ядерные спины направлены одинаково (параллельны), а у параводорода  $p-H_2$  (температура плавления –  $259,32\text{ }^\circ\text{C}$ , температура кипения –  $252,89\text{ }^\circ\text{C}$ ) – противоположно друг другу (антипараллельны).

Сера встречается в двух кристаллических модификациях: ромбической ( $a-S$ ) и моноклинной ( $b-S$ ); известны по крайней мере три ее некристаллические формы:  $l-S$ ,  $m-S$  и фиолетовая.

Для фосфора хорошо изучены белая и красная модификации, описан также черный фосфор; при температуре ниже –  $77\text{ }^\circ\text{C}$  существует еще одна разновидность белого фосфора. Белый фосфор ядовит, светится в темноте, способен самовоспламеняться, красный фосфор неядовит, не светится в темноте, сам по себе не воспламеняется.

Обнаружены аллотропные модификации As, Sn, Sb, Se, а при высоких температурах – железа и многих других элементов.

Углерод – это вещество с самым большим числом аллотропических модификаций (их уже обнаружены более 8). Аллотропные модификации углерода по своим свойствам *наиболее радикально отличаются друг от друга*, от мягкого к твердому, непрозрачного к прозрачному, абразивного к смазочному, недорогого к дорогому. Эти аллотропы включают аморфные аллотропы углерода (уголь, сажа), кристаллические аллотропы – нанотрубка, алмаз, лонсдалеит, фуллерены, графит, и церафит (рис. 4.1). Монослой графита представляет собой уже отдельное вещество – графен, который, в принципе, также можно отнести к аллотропным формам углерода, поскольку он обладает уникальными физическими свойствами.



**Рис. 4.1. Схемы строения различных модификаций углерода: а – алмаз, б – графит, в – лонсдейлит, г – фуллерен – букибол  $C_{60}$ , д – фуллерен  $C_{540}$ , е – фуллерен  $C_{70}$ , ж – аморфный углерод, з – углеродная нанотрубка**

К аллотропным модификациям углерода следует отнести также и семейство фуллеренов:

- 1) (низкие фуллерены –  $C_{24}$ ,  $C_{28}$ ,  $C_{30}$ ,  $C_{32}$ ;
- 2) средние фуллерены –  $C_{50}$ ,  $C_{60}$ ,  $C_{70}$ ;
- 3) гиперфуллерены –  $C_{76}$ ,  $C_{78}$ ,  $C_{82}$ ;
- 4)  $C_{84}$ ,  $C_{90}$ ,  $C_{96}$ ,  $C_{102}$ ,  $C_{106}$ ,  $C_{110}$ ;
- 5) фуллерены-гиганты –  $C_{240}$ ,  $C_{540}$ ,  $C_{960}$ );
- 6) нанотрубки (одностенные и многостенные);
- 7) аморфную форму углерода – стеклообразное, неимеющее упорядоченной кристаллической решетки вещество.

Комбинации правильных пяти-, шести- и семиугольников позволяют получать разнообразные формы углеродных *поверхностей* в *трехмерном пространстве*. Геометрия этих наноконструкций опреде-

ляет их уникальные физические и химические свойства и, следовательно, возможность существования принципиально новых материалов и технологий их производства.

Аллотропные формы углерода (графит, алмаз, фуллерены, углеродные нанотрубки, алмазоподобные и фуллереноподобные структуры) обладают уникальными и существенно различными физико-химическими свойствами, что позволяет получать материалы с широкими диапазонами значений различных свойств.

Ряд композиционных материалов на основе аллотропных форм углерода, например, использующие модифицированные формы графита в качестве связующего и одномерные углеродные структуры в качестве наполнителя, получил широкое применение в изделиях спецтехники, обеспечивая при высокой прочности, терморadiационной и химической стойкости легкость изделий получил широкое применение в изделиях спецтехники, обеспечивая при высокой прочности, терморadiационной и химической стойкости легкость изделий.

В 1985 году была открыта совершенно новая форма углерода – *фуллерит*, принципиально отличающаяся и от графита, и от алмаза (и их модификаций). В противоположность двум последним, структура которых представляет периодическую решетку атомов, третья форма чистого углерода является чисто молекулярной. Отдельные частицы (*фуллерены*), из которых построено это вещество, представляют собой замкнутую поверхность сферы (или сфероида), составленную из атомов углерода.

*Фуллерены* – молекулярные соединения, принадлежащие классу аллотропных форм углерода, представляющие собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из четного числа трехкоординированных атомов углерода.

Оказалось, что атомы углерода могут образовать *высокосимметричную молекулу*  $C_{60}$ . Такая молекула состоит из 60 атомов углерода, расположенных на сфере с диаметром приблизительно в один нанометр и напоминает футбольный мяч. Фуллерен  $C_{60}$  представляет собой связующее звено между органической и неорганической материей. Он и молекула, и частица одновременно. Его геометрическая форма имеет удивительное сходство с важнейшими биологическими структурами живых организмов – фрагментами молекулы ДНК, третичной структурой белков, вирусами и так далее. Если к этому

добавить способность фуллерена, в отличие от графита и алмаза, растворяться в органических растворителях и образовывать множество новых соединений с разными элементами, то становится понятно, почему от него стали ожидать чудес. Диаметр молекулы  $C_{60}$  составляет около 1 нм, что соответствует границе дисперсности пролегающей между коллоидным и "истинным", молекулярным состоянием веществ. Внутри фуллерена мы обнаружим только пустоту, пронизанную электромагнитными полями, диаметром от 0,4 нм и более. Поэтому молекулы фуллеренов можно назвать вакуумными пузырьками.

В последнее время многие из фуллеренов получили очень широкое применение в разных областях техники и быту: кристаллические фуллерены и пленки представляют собой полупроводники с шириной запрещенной зоны 1,2 – 1,9 эВ и обладают фотопроводимостью; фуллерены низкой симметрии – сверхпроводники, "молекулы в клетке" – потенциальные "квантовые биты" в неклассических компьютерах; присутствие фуллерена  $C_{60}$  в минеральных смазках инициирует на поверхностях образование защитной фуллерено-полномерной пленки толщиной 100 нм, которая защищает от термической и окислительной деструкции, увеличивает время жизни узлов трения в аварийных ситуациях в 3 – 8 раз, термостабильность смазок до 400 – 500 °С и несущую способность узлов трения в 2 – 3 раза, расширяет рабочий интервал давлений узлов трения в 1,5 – 2 раза, уменьшает время приработки контртел; так или иначе используются добавки фуллеренов в аккумуляторы и электрические батареи; фуллерены нашли применение в качестве добавок в вспучивающиеся огнезащитные краски; фуллерены могут быть использованы в фармации для создания новых лекарств и т. д.

В настоящее время многие из перспективных направлений в материаловедении, нанотехнологии, наноэлектронике, прикладной химии связываются не только с фуллеренами, но и другими похожими структурами, которые называют общим термином углеродные каркасные структуры. *Углеродные каркасные структуры* – это большие (иногда гигантские) молекулы, состоящие из атомов углерода. Это новая аллотропная форма углерода (в дополнение к давно известным алмазу и графиту). Главная особенность этих молекул – их каркасная форма: они выглядят как замкнутые, пустые внутри "оболочки". Самая знаменитая из углеродных каркасных структур – это фуллерен  $C_{60}$  (рис. 4.2а),

открытие которого в 1985 году вызвало целый бум исследований в этой области.

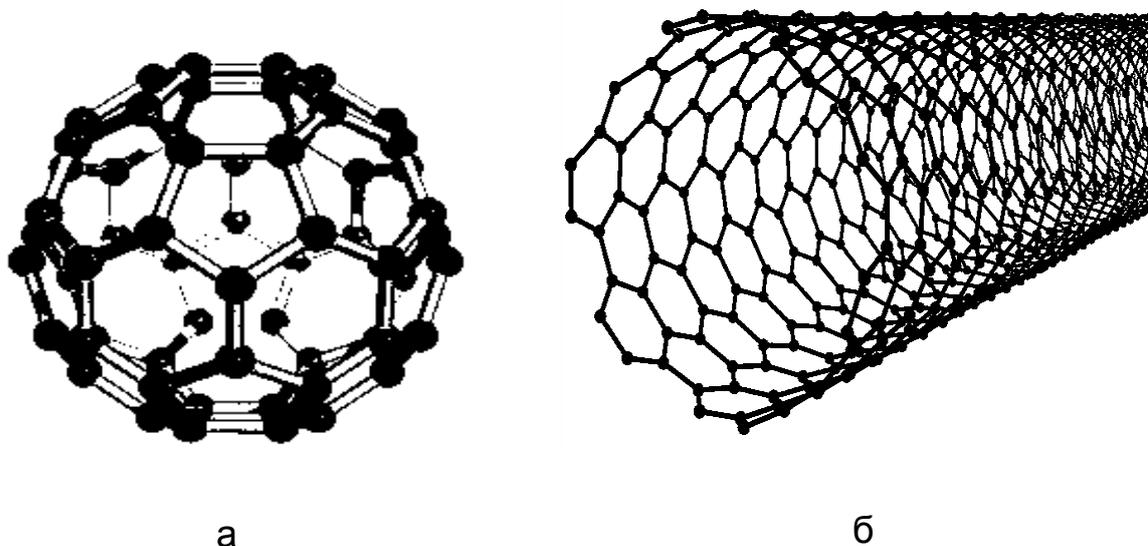


Рис. 4.2. Объемное изображение фуллерена  $C_{60}$ , как симметричного многогранника с 60 атомами-вершинами (а) и углеродной нанотрубки (б)

Особое место среди наноструктурированных твердых тел занимают *углеродные нанотрубки*, открытые совсем недавно. Из углерода можно получить молекулы с гигантским числом атомов. Такая молекула, например  $C = 1\ 000\ 000$ , может представлять собой однослойную трубку с диаметром около нанометра и длиной в несколько десятков микрон (см. рис. 4.2б). Углеродные нанотрубки представляют собой протяженные цилиндрические структуры диаметром от одного до нескольких десятков нанометров. Они состоят из одной или нескольких гексагональных графитовых плоскостей, которые свернуты в трубку (см. рис. 4.2б). Нанотрубка заканчивается обычно полусферической головкой, которая может рассматриваться как половина молекулы фуллерена.

Углеродные нанотрубки бывают однослойными и многослойными. Нанотрубки первого типа могут быть получены в виде одномерной структуры посредством свертывания графитовой поверхности в трубку. Наиболее типична для многослойных нанотрубок структура русской матрешки, когда трубки меньшего размера вложены в более крупные. Открытие углеродных нанотрубок относится к наиболее значительным достижениям современной науки. Эта форма углерода по структуре

занимает промежуточное положение между графитом и фуллеренами. Однако по многим свойствам она разительно отличается как от первого, так и от вторых. Поэтому нанотрубки рассматривают как новый материал с уникальными физико-химическими свойствами, открывающий большие возможности для широкого применения. Нанотрубки обладают рядом необычных физических свойств, основные из которых такие:

1) нанотрубки обладают очень высокой прочностью на растяжение и на изгиб;

2) многослойная углеродная нанотрубка является прекрасным цилиндрическим подшипником (миниатюрные наноподшипники с пренебрежимо малыми силами трения);

3) в качестве проводников (проводящие нанотрубки) в наноэлектронике они позволят подводить токи на три – четыре порядка больше, чем обычные проводники;

4) перспективным является использование нанотрубок для создания полупроводниковых гетероструктур (структур типа металл/полупроводник или стык двух разных полупроводников);

5) различные схемы сворачивания графитовой плоскости позволяют создавать нанотрубки, которые могут быть как проводниками, так и полупроводниками. Это позволит создавать запоминающие устройства с плотностью записи до  $10^{14}$  бит/см<sup>2</sup>. Уже построены прототипы тонких плоских дисплеев, которые работают на матрице из нанотрубок;

6) создание электронных приборов с холодными катодами на основе нанотрубок (в частности, с их помощью можно создать плоские телевизионные экраны огромных размеров);

7) на основе уникальных магнитных свойств у скоплений нанотрубок реальным стало создание одноэлектронных транзисторов и чипов с плотностью записи  $10^{14}$  бит/см<sup>2</sup>, плоских дисплеев, которые потребляют для своей работы электроэнергии на порядок меньше и т. д. Нанотрубки уже применяются в атомно-силовых электронных микроскопах, с помощью которых можно увидеть отдельные атомы и молекулы;

8) нанотрубки обладают аномально высокой удельной поверхностью; пустоты внутри нанотрубок (и углеродных каркасных структур в целом) дают возможность вводить атомы и молекулы поодиночке.

А также "вливать" вещество внутрь ее. Это очень существенно, например, для медицины, фармацевтики и т. д.

В чем состоит уникальность новых материалов? Отметим только три важных свойства:

1) *сверхпрочные материалы*. Связи между атомами углерода в графитовом листе являются самыми сильными среди известных, поэтому бездефектные углеродные трубки на два порядка прочнее стали и приблизительно в четыре раза легче ее. Важнейшая задача в области новых углеродных материалов (технологий) состоит в создании нанотрубок "бесконечной" длины. Из них можно изготовить легкие композитные материалы с *предельной прочностью* для нужд техники нашего времени. Среди них силовые элементы мостов и строений, несущие конструкции компактных летательных аппаратов, элементы турбин, силовые блоки двигателей с предельно малым удельным потреблением топлива и т. п. В настоящее время уже изготавливают трубки длиной в десятки микрон при диаметре порядка одного нанометра;

2) *высокопроводящие материалы*. Известно, что в кристаллическом графите проводимость вдоль плоскости слоя наиболее высокая среди известных материалов, а в направлении, перпендикулярном листу, мала. В связи с этим полагают, что электрические кабели, сделанные из нанотрубок, при комнатной температуре будут иметь электропроводность на два порядка выше медных. В настоящее время ведутся поиски технологий, которые позволят изготавливать трубки необходимой длины и в нужном количестве;

3) *нанокластеры*. Среди множества нанообъектов имеются сверхмалые частицы, которые состоят из десятков, сотен или тысяч атомов. Свойства кластеров кардинально образом отличаются от свойств макроскопических объемов материалов того же состава. Из нанокластеров, как из крупных строительных блоков, можно целенаправленно конструировать новые материалы с заранее заданными свойствами и использовать их в каталитических реакциях для разделения газовых смесей и хранения газов. Очень перспективны *магнитные кластеры*, которые состоят из атомов переходных металлов, лантаноидов, актиноидов. Они обладают собственным магнитным моментом, а это дает возможность управлять с помощью внешнего магнитного поля их

свойствами. Наномангниты могут быть очень полезны при проектировании процессоров и памяти для квантовых компьютеров.

Особое место среди наноструктурированных твердых тел занимают также *графены* – сверхтонкий и крайне прочный материала, представляющий собой углеродную пленку толщиной в один атом.

У графена оказались свойства, которых нет ни у одного материала:

1) графеновый сорбент химически инертен, электропроводен, гидрофобен, устойчив к агрессивным средам, экологически чист. Диапазон рабочих температур: от  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+3\ 000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

2) графен очень прочен и гибок, так как его структура "соткана" из прочных сигма-связей  $sp^2$  – гибридных электронных орбиталей и имеет очень мало дефектов. Графен совмещает высокую хрупкость и изгибаемость (он легко образует складки);

3) графен не пропускает газы, даже гелий;

4) высокая подвижность носителей заряда в графене делает его перспективным материалом для использования в самых различных приложениях современной электроники. В настоящее время считается, что углеродные материалы в недалеком будущем придут на смену кремнию в микроэлектронной промышленности;

5) перспективная область применения графена – его использование для изготовления электродов в ионисторах (суперконденсаторах), которые применяются в качестве перезаряжаемых источников тока. Опытные образцы ионисторов на графене имеют удельную емкость  $32\text{ Вт}\cdot\text{ч/кг}$ , сравнимую с таковой для свинцово-кислотных аккумуляторов ( $30 - 40\text{ Вт}\cdot\text{ч/кг}$ );

6) использование графена в качестве детектора летучих органических веществ и чувствительного сенсора для обнаружения отдельных молекул химических веществ, например,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_2$ . Для получения детектора используют графеновые листы, очистив их от примесей.

#### 4.4. Практические задания

1. Поясните, используя квантовомеханическую модель атома водорода, какой вид будет иметь график общей энергии электрона на данной орбитали в зависимости от главного квантового числа  $n$ .

### Пример решения задания

Известно, что полная энергия электрона (состоящая из его кинетической и потенциальной энергии) на орбиталях, характеризующихся главным квантовым числом  $n$ , определяется формулой:

$$W_n = -\frac{m_e e^4}{8n^2 \varepsilon_0^2 \hbar^2},$$

где  $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$  кг – масса электрона;

$e = 1,602 \times 10^{-19}$  Кл – элементарный электрический заряд;

$n$  – порядковый номер главного квантового числа;

$\varepsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12}$  Ф/м – электрическая постоянная;

$\hbar = 6,626 \times 10^{-34}$  Джс – постоянная Планка.

Обратите внимание на то, что определенное в системе СИ значение энергии, выраженное в джоулях, обычно оказывается достаточно малым.

Поскольку, говоря об атомах, приходится иметь дело именно с такими энергиями, то уступая естественному человеческому желанию пользоваться числами в пределах от 0,1 до 100, часто отказываются от использования единиц энергии, установленных системой СИ. Вместо джоулей используют электрон-вольт – единицу, численно равную энергии, которую приобретает электрон под действием разности потенциалов 1 В (вольт). То есть используют 1 эВ =  $1,6 \times 10^{-19}$  Дж.

Подставив все необходимые константы можем в итоге записать

$$W_N = -\frac{2,71991 \times 10^{-18}}{n^2} (\text{Дж}) = -\frac{13,6058}{n^2} (\text{эВ}).$$

Обратите внимание, что на графиках за нулевой уровень энергии принимается уровень энергии на бесконечном удалении от ядра атома (это достоверно установленный на основе экспериментальных исследований уровень, который характеризуется энергией  $-2,18 \times 10^{-18}$  Дж или 13,6 эВ). Знак минус в значении энергии, означает, что энергия этого уровня ниже того, что принят за нулевой.

Отрицательные значения энергии электрона убывают по абсолютной величине и можно считать, что энергетические уровни повышаются. Следовательно, с увеличением номера главного квантового числа, когда увеличивается радиус орбитали и электрон "удаляется" от ядра, его энергетический уровень повышается.

2. Поясните, используя квантовомеханическую модель атома водорода, какая испускается порция энергии и какой частоты будет излучение при переходе электрона с орбитали, характеризуемой главным квантовым числом, (более удаленной от ядра), на более близкую к ядру орбиталь. Возьмите  $n = 1, 2$ , а  $m = 2, 3, 4, 5$ .

Определите, в какой диапозоне оптического излучения (ультрафиолетовом, видимом, инфракрасном) будет излучение.

3. Поясните, используя квантовомеханическую модель атома, почему уменьшение в стратосфере содержания озона составляет в настоящее время одну из наиболее острых проблем глобальной экологии.

4. Используя Интернет-ресурс и интерактивную таблицу (Periodic Table) представьте сведения о строении орбиталей атомов водорода, гелия, атомов элементов Li, Be, C, N, O, F, Ne.

5. Рассчитайте величину удельного объемного сопротивления электрическому току полупроводникового бруска, если он изготовлен из собственного полупроводника кремния и арсенида галлия. На основании расчетов сделать выводы о том, какой из материалов можно считать полуизолятором.

6. Кратко опишите, что представляет в современном понимании такая сущность, как химическая связь.

7. Для разновидностей примесных кремниевых полупроводников, отличающихся степенью легирования, определите во сколько раз отличаются концентрации основных и неосновных носителей заряда при комнатной температуре.

Для них также сравнить процентное содержание основных носителей в общем количестве носителей и сделать вывод о том, какая доля примесей ионизирована при комнатной температуре и почему одни носители называют основными, а другие – неосновными.

## Контрольные вопросы

1. Определите понятия: мегамир, макромир, микромир, наномир. Связаны ли они?
2. Что такое наномир? Что такое нанотехнология? Назовите их отличия.
3. Что является технологией наномира?
4. Что такое фуллерены? Чем они отличаются от фуллеритов? Приведите примеры. Приведите примеры применений фуллеренов.
5. В чем основное сходство и отличие между графитом и алмазом? Что из них тверже (крепче) и почему? Известны ли в природе или в науке более твердые вещества? Если да, то какие?
6. Углеродные нанотрубки – что это? Где их находят или получают и применяют? Что означает выражение:  $C_{60}$ ? А –  $C_{20}$ ,  $C_{540}$ ?
7. Назовите и поясните возможные применения в технике нанотрубок.
8. Кратко сформулируйте, почему человек стремится познать "тайны" наномира.
9. Аллотропные формы. Поясните что это. Приведите примеры.
10. Назовите основные направления современных нанотехнологий.
11. Назовите основные направления современных применений нанотехнологий в медицине.
12. Поясните понятие: сканирующая туннельная микроскопия.
13. Назовите известные вам современные наноустройства.
14. Назовите и поясните на какие 3 основных класса делятся нанообъекты.
15. Поясните, что означает выражение:  $C_{60}$ ? А –  $C_{20}$ ,  $C_{540}$ ?
16. Чем отличается наномир от нанотехнологий?
17. Какие преимущества дает использование свойств наномира и какие перспективы это открывает для нанотехнологий?
18. Поясните, почему в полупроводниковых материалах одни носители называют основными, а другие – неосновными.
19. Поясните, что означает энергетическая диаграмма одномерного приближения полупроводника?
20. Назовите, какие группы материалов различают по способности проводить ток. Приведите примеры типичных представителей каждой из групп.

## **Раздел 2. Естественнонаучные основы представлений об использовании достижений естествознания в информационных, коммуникационных и мультимедийных технологиях, важнейших концепций химии и биологии в практической деятельности людей**

### **5. Естественнонаучные представления, лежащие в основе цифрового, мультимедийного мира и современных коммуникационных систем**

#### **5.1. Электромагнитное поле**

Приведем основные понятия.

*Электромагнитное поле* – это особый вид материи, представляющий собой взаимосвязанные колебания электрического (E) и магнитного (H) полей. Этот вид материи *отличается* непрерывным распределением (электромагнитные волны) и проявляет дискретность структуры (фотоны), он *характеризуется* способностью распространяться в вакууме (в отсутствие сильных гравитационных полей) со скоростью, близкой к  $3 \times 10^8$  м/с и оказывать на заряженные частицы силовое воздействие, зависящее от их скорости. Частным случаем электромагнитного поля являются свет и радиоволны.

В современном естествознании электромагнитные поля описываются векторными функциями и являются векторными полями.

Электромагнитное поле является фундаментальным физическим полем.

Электромагнитное поле (и его изменение во времени) описывается в электродинамике в классическом приближении посредством системы уравнений Максвелла. В современном естествознании электромагнитное поле описывают с помощью тензора электромагнитного поля, компонентами которого являются три компоненты напряженности электрического поля (или электрической индукции) и три компоненты напряженности магнитного поля (или – магнитной индукции) а также четырехмерным электромагнитным потенциалом.

Действие электромагнитного поля на заряженные материальные объекты природы описывается в классическом приближении посредством силы Лоренца. Квантовые свойства электромагнитного поля и его взаимодействия с заряженными частицами (и квантовые поправки к классическому приближению) изучает квантовая электродинамика.

Возмущение электромагнитного поля, распространяющееся со временем в пространстве, называется электромагнитной волной.

## 5.2. Электромагнитные волны

*Электромагнитные колебания* – это взаимосвязанные колебания электрического ( $E$ ) и магнитного ( $H$ ) полей, составляющих единое электромагнитное поле. В природе распространение электромагнитных колебаний происходит в виде *электромагнитных волн*, скорость которых в вакууме равна скорости света  $c$ , а длина волны  $\lambda$  связана с периодом  $T$  и частотой  $\omega$  соотношением:  $\lambda = cT = 2\pi c/\omega$ .

По своей природе электромагнитные колебания представляют собой совокупность фотонов, и только при большом числе фотонов их можно рассматривать как непрерывный процесс.

В естествознании различают *вынужденные* электромагнитные колебания, поддерживаемые внешними источниками, и *собственные* электромагнитные колебания, существующие и без них.

В неограниченном пространстве или в системах с потерями энергии (диссипативных) возможны собственные электромагнитные колебания с непрерывным спектром частот.

*Электромагнитная волна* – это процесс последовательного, взаимосвязанного изменения векторов напряженности электрического и магнитного полей, направленных перпендикулярно лучу (направлению) распространения волны, при котором изменение электрического поля вызывает изменения магнитного поля, которые, в свою очередь, вызывают изменения электрического поля. В современном естествознании распространение электромагнитных волн в средах характеризуется временными зависимостями векторов напряженностей электрического  $\vec{E}(t)$  и магнитного  $\vec{H}(t)$  полей.

В том случае, если волна, изменяется во времени по гармоническому (синусоидальному) закону, то ее называют *гармонической*

волной. Уравнение плоской гармонической монохроматической волны (для вектора амплитуды  $\vec{A}(z, t)$ ), распространяющейся, например, вдоль оси  $OZ$  в среде без потерь имеет вид:

$$\vec{A}(z, t) = A_0 \vec{\xi}_0 \cos(\omega t - kz + \varphi_0), \quad (5.1)$$

где  $(\omega t - kz + \varphi_0)$  – полная фаза волны;

$k$  – волновое число;

$\varphi_0$  – начальная фаза;

$A_0 \vec{\xi}_0$  – максимальная амплитуда.

Электромагнитная волна характеризуется наличием трех взаимно перпендикулярных (в вакууме) векторов: вектора скорости  $\vec{v}$ , вектора напряженности электрического поля  $\vec{E}$  и вектора магнитной индукции  $\vec{B}$  (напряженности магнитного поля  $\vec{H}$ ) (рис. 5.1).

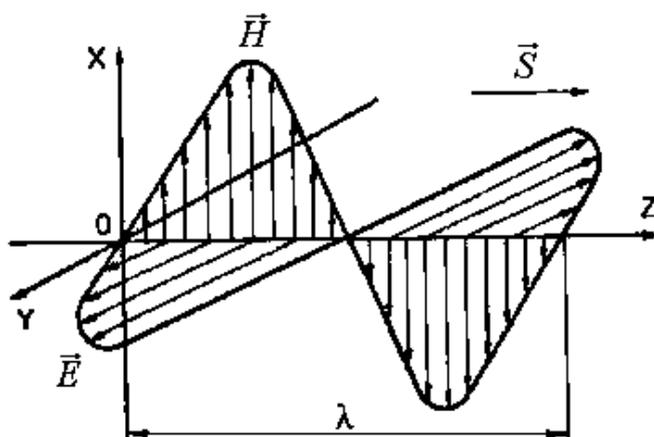


Рис. 5.1. Графическое представление плоско-поляризованной электромагнитной волны ( $\vec{S}$  – направление распространения волны)

Электромагнитная волна является поперечной – векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$  перпендикулярны друг другу и лежат в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны. Направление этих векторов определяют единичные орты  $\vec{\xi}_{0E}$  и  $\vec{\xi}_{0H}$ . В каждой точке пространства электрические и магнитные поля меняются во времени периодически.

В отличие от обычного колебания маятника волны имеют две основные характеристики: *временную периодичность* – называемую частотой волны  $\nu$  (скорость изменения фазы с течением времени в какой-то заданной точке); *пространственную периодичность* – называемую длиной волны  $\lambda$  (скорость изменения фазы в определенный момент времени с изменением координаты). Временная и пространственная периодичности взаимосвязаны. В упрощенном виде для волн, распространяющихся в однородном и изотропном пространстве, эта зависимость имеет следующий вид:  $\nu = V_{\phi} / \lambda$ , где  $V_{\phi}$  – фазовая скорость распространения волны в данной среде (для вакуума она равна скорости света  $V_{\phi} = c = 2,998 \times 10^8$  м/с)

### **Энергия и скорость волн**

Распространяющаяся в материальной среде волна, подобно любому движущемуся объекту, несет энергию от одной точки пространства к другой (от источника к приемнику). Важно понимать, что перенос энергии происходит без переноса вещества среды, хотя сама среда вовлечена в волновой процесс передачи энергии.

Величина энергии, переносимой волной, может меняться в широких пределах. Например, плотность потока мощности электромагнитного поля, создаваемого лазером, может составлять до  $10^2$  Вт/м<sup>2</sup> вблизи электрического пробоя воздуха. Мощность же звуковых волн человеческого голоса очень незначительна. Например, интенсивность звуковых волн на пороге слышимости их человеком на частоте  $f = 1$  кГц составляет всего  $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>.

*Скорость электромагнитных волн* очень велика и в вакууме равна  $3 \times 10^8$  м/с. *Скорость акустических волн* на несколько порядков меньше. Например, звуковые волны распространяются в сухом воздухе при температуре  $t = 0$  °С со скоростью 331 м/с.

Для количественной характеристики переносимой волной энергии используется вектор не амплитуды, а плотности потока энергии  $\vec{I}$ . При небольших амплитудах:  $\vec{I} = \vec{z}_0 k A^2$ , где  $A$  – амплитуда;  $k$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от природы волны и свойств среды, где эта волна распространяется,  $\vec{z}_0$  – единичный вектор в направлении распространения волны. Период электромагнитной волны  $T$  (частота

$\nu = 1/T$ ) равен периоду (частоте) колебаний источника электромагнитных волн. Для электромагнитных волн справедливо соотношение  $\lambda = v/\nu$ , где  $v$  – скорость распространения волны,  $\nu$  – частота волны. В вакууме  $\lambda_0 = c/\nu$  – длина волны наибольшая по сравнению с  $\lambda$  в любой другой среде.

Электромагнитная волна переносит энергию, причем перенос энергии совершается в направлении распространения волны. Объемная плотность энергии электромагнитной поля определяется выражением

$$w_V = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu\mu_0}, \text{ где } \varepsilon, \varepsilon_0 \text{ – диэлектрические проницаемости среды и}$$

вакуума,  $\mu\mu_0$  – их магнитные проницаемости соответственно.

### **Шкала электромагнитных волн**

Электромагнитные волны (иногда их называют электромагнитным излучением) занимают очень широкий диапазон длин волн – от нанометров до единиц километров, что определяется различными источниками в окружающем нас мире (табл. 5.1), которые порождают их. Вообще говоря электромагнитные волны могут существовать любой длины волны. Диапазон электромагнитных волн неоднороден, поэтому его делят на поддиапазоны, в которых физические свойства электромагнитных полей в определенной степени одинаковы.

Видимый диапазон оптического излучения (рис. 5.2) является *особым видом электромагнитного излучения*, поскольку он воспринимается человеческим глазом. Мы обычно оптическое излучение видимой части оптического излучения называем *светом*.

Подавляющее количество информации об окружающем мире человек получает помощью того, что мы называем светом, а более точно – с помощью оптического излучения.

Оптическое излучение, как известно, обладает одновременно *волновыми и корпускулярными* свойствами. То есть, с одной стороны, электромагнитное излучение оптического диапазона это волновой процесс с частотой колебаний  $\nu$  или длиной волны  $\lambda$ , а с другой – поток элементарных частиц, называемых фотонами, с энергией  $W_{\text{opt}}$  (обычно измеряемой в электронвольтах – эВ). Поэтому, соответственно, имеются две теории: волновая (электромагнитная) и корпускулярная (квантовая).

### Диапазоны электромагнитных волн

Название диапазона		Длины волн, $\lambda$	Частоты, $\nu$	Источники
Радиоволны	Сверхдлинные	более 10 км	менее 30 кГц	Атмосферные и магнитосферные явления. Радиосвязь
	Длинные	10 км – 1 км	30 кГц – 300 кГц	
	Средние	1 км – 100 м	300 кГц – 3 МГц	
	Короткие	100 м – 10 м	3 МГц – 30 МГц	
	Ультракороткие	10 м – 1 мм	30 МГц – 300 ГГц	
Инфракрасное излучение		1 мм – 780 нм	300 ТГц – 429 ТГц	Излучение молекул и атомов при тепловых и электрических воздействиях
Видимое (оптическое) излучение		780 – 380 нм	429 ТГц – 750 ТГц	
Ультрафиолетовое		380 – 10 нм	$7,5 \times 10^{14}$ Гц – $3 \cdot 10^{16}$ Гц	Излучение атомов под воздействием ускоренных электронов
Рентгеновские		10 нм – 5 пм	$3 \times 10^{16}$ – $6 \times 10^{19}$ Гц	Атомные процессы при воздействии ускоренных заряженных частиц
Гамма		менее 5 пм	более $6 \times 10^{19}$ Гц	Ядерные и космические процессы, радиоактивный распад

Свет – это электромагнитная волна, векторы напряженности электрического и магнитного поля которой расположены в плоскости, перпендикулярной направлению ее распространения и периодически изменяются по величине и направлению.

Принято считать, что оптическое излучение это электромагнитные волны с длиной волны  $\lambda$  от 10 нм до 1 мм. По физическим свойствам оптический диапазон волн, состоящий из инфракрасного, видимого, ультрафиолетового участков спектра, также неоднороден. Поэтому

оптический диапазон делят на поддиапазоны, в которых физические свойства в определенной степени одинаковы (рис. 5.2, табл. 5.2).

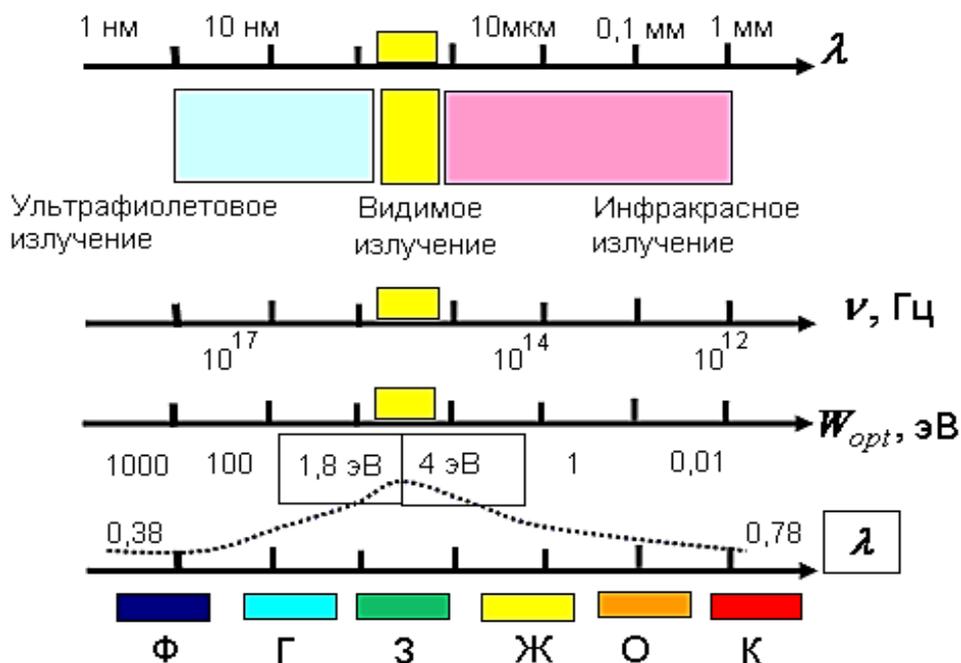


Рис. 5.2. Представление оптического диапазона в виде ряда шкал электромагнитных волн

Таблица 5.2

Представление спектра видимого света

Цвет	Диапазон длин волн, нм	Диапазон частот, ТГц	Диапазон энергии фотонов, эВ
Фиолетовый	380 – 440	790 – 680	2,82 – 3,26
Синий	440 – 485	680 – 620	2,56 – 2,82
Голубой	485 – 500	620 – 600	2,48 – 2,56
Зеленый	500 – 565	600 – 530	2,19 – 2,48
Желтый	565 – 590	530 – 510	2,10 – 2,19

Оптическое излучение согласно современной теории обладает одновременно корпускулярными и волновыми свойствами. Для удобства объяснения с точки зрения волновой теории спектр видимого диапазона оптического излучения делят на семь отличающихся длиной волны  $\lambda$

широких полос (цветов): фиолетовый, синий, голубой, зеленый, желтый, оранжевый и красный (см. табл. 5.2).

Спектр и спектральные цвета характеризуют то, что в составе белого света имеются электромагнитные поля с разными длинами волн. Это разграничение не резкое, а скорее, один цвет плавно переходит в другой.

### **Некоторые параметры электромагнитных волн**

1. Основным источником спектра электромагнитных волн является звезда Солнце.

2. Часть спектра электромагнитных волн (оптического диапазона) видит глаз человека.

3. Электромагнитные колебания с различной длиной волн вызывают в организме человека ощущение света с различной окраской (рис. 5.2).

4. Часть спектра электромагнитных волн (радиоволны) используется для целей радиотелевизионного вещания, навигации и систем связи.

5. Источник электромагнитных волн – среда (например, для радиоволн это может быть провод) (антенна), в которой происходит колебание электрических зарядов.

6. Электромагнитную волну в любой точке пространства однозначно задает правовинтовая тройка векторов  $\vec{E}$ ,  $\vec{H}$  и  $\vec{V}$ . Однако векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  могут быть произвольно ориентированы относительно направления распространения волны (вектора скорости  $\vec{V}$ ). В этой связи оптическое излучение может быть естественным и поляризованным.

Для *естественного (неполяризованного)* оптического излучения направления колебаний векторов  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  быстро и беспорядочно сменяют друг друга.

Оптическое излучение называют *поляризованным*, если направления векторов  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  изменяются по определенному закону. Если векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  во время распространения лежат в одних и тех же плоскостях (при изменении во времени направления векторов  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  остаются постоянными), то в этом случае оптическое излучение называют линейно- или плоско-поляризованным.

Для выделения линейно поляризованного света из естественного оптического излучения используют специальные оптические устройства, называемые поляризаторами.

### 5.3. Взаимодействие излучения с веществом

В окружающей нас природе постоянно происходят процессы взаимодействия электромагнитного излучения с веществом.

В общем случае взаимодействие электромагнитного излучения с веществом сводится к совокупности элементарных процессов *рассеяния* (упругого и неупругого), *поглощения* и *генерации* этого излучения.

В естествознании эти процессы изучают чаще всего на основе спектрального анализа. В зависимости от характера взаимодействия электромагнитного излучения с веществом спектры делятся на *спектры поглощения (абсорбции), рассеяния, отражения и испускания (эмиссии)*.

*Ионизирующим излучением* называется любое излучение, взаимодействие которого с веществом приводит к образованию ионов разных знаков.

*Абсорбция* (например, *поглощение* света) – это свойство вещества преобразовывать поглощенное излучение (в данном случае, свет) в другие формы энергии, главным образом, в тепловую.

*Отражение* – способность материала отражать электромагнитное излучение. Различают несколько видов отражения: зеркальное, смешанное, полностью рассеянное и нерегулярно рассеянное.

Например, во внутреннем освещении помещений используется в основном рассеянное (диффузное) отражение.

*Трансмиссия* – это свойство вещества (материала) беспрепятственно пропускать встречное излучение. Мерой ее является коэффициент трансмиссии.

Различают непосредственно ионизирующее и косвенно ионизирующее излучение.

*Непосредственно ионизирующее излучение* представляет собой поток заряженных частиц, кинетическая энергия которых достаточна для ионизации при столкновении с атомами вещества.

*Косвенно ионизирующее излучение* представляет собой поток незаряженных частиц (нейтронов, фотонов), которые могут создавать

непосредственно ионизирующее излучение и (или) вызывать ядерные превращения при взаимодействии со средой.

Ионизирующее излучение, представляющее собой частицы с ненулевой массой покоя, называют *корпускулярным*.

К *фотонному ионизирующему излучению* относится гамма-излучение и рентгеновское излучение.

Энергией ионизирующего излучения называют суммарную энергию ионизирующих частиц (без учета энергии покоя), испущенную, переданную или поглощенную. Единицей энергии ионизирующего излучения в СИ является джоуль (Дж).

*Излучение взаимодействует* преимущественно с электронами атомов. При этом может происходить возбуждение атомов, но в основном идет процесс ионизации атомов, который состоит в отрыве от атома по крайней мере одного электрона:  $M \rightarrow M^{++} e^{-}$  (стрелкой здесь обозначено воздействие ионизирующего излучения).

Взаимодействие излучения с атомными ядрами используют только для обнаружения незаряженных, нейтронов, не обладающих ионизирующим действием: при упругих столкновениях нейтронов с ядрами водорода образуются протоны отдачи, которые могут быть обнаружены как заряженные частицы.

*Проникающую способность* различных видов излучения принято характеризовать толщиной слоя вещества, при котором интенсивность излучения уменьшается наполовину, причем толщину обычно выражают массой вещества на единицу поверхности,  $г/см^2$  или  $мг/см^2$  (масса на единицу поверхности равна плотности, умноженной на толщину слоя).

Процесс прохождения ионизирующего излучения, несущего большой запас энергии, через вещество, оставляет свой след в виде изменений структуры вещества.

*Ионизирующее излучение (радиация)* – поток частиц или квантов электромагнитного излучения, взаимодействие которого с веществом приводит к ионизации и возбуждению его атомов и молекул. К ионизирующему излучению относятся потоки электронов, позитронов, протонов, дейтронов,  $\alpha$ -частиц и других заряженных частиц, а также потоки нейтронов, рентгеновское и гамма-излучение.

Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом бывает двух типов: упругое и неупругое. *Упругое рассеяние частиц* – процесс столкновения частиц, в результате которого меняются только их

импульсы, а внутреннее состояние остается неизменным. *Неупругое рассеяние частиц* – столкновение частиц, приводящее к изменению их внутреннего состояния, превращению в другие частицы или дополнительному рождению новых частиц.

Для количественной характеристики энергии ионизирующего излучения, поглощенной в единице массы облучаемого вещества, введена величина, называемая *поглощенной дозой* ионизирующего излучения. В зависимости от поглощенной дозы ионизирующего излучения нарушается структура вещества, в частности, степень действия ионизирующего излучения на конструкционные материалы и другие объекты.

### **Ионизация и возбуждение**

*Ионизация* – превращение атомов или молекул в положительные ионы в результате отрыва одного или нескольких электронов. Энергия, необходимая для отрыва электрона, называется *энергией ионизации*. Ионизация происходит при поглощении электромагнитного излучения (фотоионизация), при нагревании газа (термическая ионизация), при воздействии электрического поля (полевая ионизация), при столкновении частиц с электронами, ионами, атомами (столкновительная ионизация) и др. Нейтральные атомы и молекулы могут в особых случаях присоединять электроны, образуя отрицательные ионы.

*Возбужденное состояние квантово-механической системы* – неустойчивое состояние с энергией, превышающей энергию основного состояния.

Взаимодействие света с веществом предоставляет широкие возможности как для управления светом, так и для исследования вещества. Благодаря взаимодействию электромагнитного излучения с веществом мы можем его обнаруживать, усиливать, генерировать, преобразовывать и т. д.

Интересно как выходное излучение, так и процессы, происходящие с веществом при взаимодействии. Дадим некоторую классификацию эффектов взаимодействия.

1. *Воздействие вещества на излучение* – какие-либо характеристики излучения на выходе отличаются от входных. Такие эффекты известны, например отражение света от водной поверхности, преломление света. Разложение белого света с помощью призмы в

спектр, двойное лучепреломление света в кристалле исландского шпата. Вещество всегда действует на излучение каким-либо образом.

2. *Воздействие излучения на вещество* – параметры вещества, характеристики вещества, его форма, состояние и другое меняются при его облучении. Сфокусированное солнечное излучение может прожечь бумагу, зажечь костер и т. д. Однако наибольшее развитие эффекты воздействия излучения на вещество, их исследования и приложения, получили после появления лазеров. Достижимые здесь плотности энергии позволяют вызвать в веществе как обратимые, так и необратимые изменения. К обратимым изменениям относятся динамические голограммы в фотохромных и фоторефрактивных и других, к необратимым – резка, сварка, сверление отверстий лазерным лучом.

3. *Эффекты самовоздействия* – излучение действует на вещество, а изменение его свойств приводит к изменению параметров излучения. Примеры: самофокусировка и самодефокусировка световых пучков, распространения солитонов и т. д.

В общих чертах взаимодействие излучения с веществом представляется следующим образом.

Электромагнитное поле световой волны воздействует на заряженные частицы среды, заставляя их совершать вынужденные колебания на частоте поля. При этом часть энергии светового поля передается частицам – световая волна поглощается. Колеблющиеся электроны, в свою очередь, становятся источниками вторичных световых волн. Интерференция этих волн приводит к тому, что скорость распространения световой волны в среде становится меньше, чем скорость света в вакууме и, кроме того, зависит от частоты света. Это явление называется *дисперсией* света.

Одно из ярких проявлений дисперсии это разложение белого света в спектр с помощью стеклянной призмы было продемонстрировано еще Ньютоном.

Другой пример *изменение формы и длительности светового импульса* при его распространении в диспергирующей среде.

Очень своеобразные оптические явления происходят и *на границе раздела сред*. Здесь вторичное излучение, испускаемое частицами обеих сред, интерферирует таким образом, что имеет место сильное нарушение прямолинейности распространения света: возникают отраженный и преломленный лучи.

На отражении и преломлении света основано действие зеркал, линз и призм.

Явление полного внутреннего отражения позволяет передавать свет по оптическому волокну.

Силы светового давления, возникающие при отражении и преломлении, можно использовать для управления движением микрочастиц.

В *анизотропных средах (кристаллах)* смещение заряженных частиц под действием электрического поля световой волны происходит не в направлении поля, а в направлении, определяемом структурой кристалла. Вследствие этого распространение света в кристалле имеет ряд специфических особенностей. Одна из них – *двойное лучепреломление света на границе анизотропной среды*.

Наконец, в сильном световом поле, достигаемом в сфокусированных лазерных пучках, становится существенной нелинейность (ангармонизм) вынужденных колебаний элементарных осцилляторов среды. С нею связан целый класс новых оптических явлений. Это явления *нелинейной оптики*, общей чертой которых является сильная зависимость от интенсивности света. К ним относятся такие явления как: генерация оптических гармоник; самофокусировка и вынужденное рассеяние света.

#### **5.4. Основы представления информации**

В окружающем нас мире есть нечто, что принципиально отличается от ресурсов материальных и энергетических. На протяжении всей своей истории человечество накапливало знания, полученные из наблюдения и опыта, пыталось сохранить их и передать последующим поколениям, то есть человеческое всегда накапливало и то, что называют информационным ресурсом. В повседневной деятельности человека неизменно присутствует информация. Основоположник кибернетики Норберт Винер определил это понятие так: "Информация есть информация, а не материя и не энергия". То есть Винер относил информацию к фундаментальным понятиям, не выводимым через более простые. К сожалению и в настоящее время не существует единого определения термина *информация*. В справочниках можно найти определение, что информация (от лат. *informatio* – осведомление, разъяснение, изложение, от лат. *informare* – придавать форму) –

в широком смысле абстрактное понятие, имеющее множество значений, в зависимости от контекста. Информация всегда связана с материальным носителем, с материальными процессами и имеет некоторое представление. Информация, представленная в какой-либо форме, называется сообщением. Сообщения представляются в виде сигналов и данных. Сигналы используются для передачи информации в пространстве между источником и получателем, а данные – для хранения (то есть для передачи во времени). Сигнал – изменяющийся во времени физический процесс, изменение параметров которого и несет информацию к получателю. Данные – результат фиксации, отображения информации на каком-либо материальном носителе

Информация представляет собой одно из общих понятий, связанных с материей. Она существует в любом материальном объекте в виде многообразия его состояний и передается от объекта к объекту в процессе их взаимодействия. Можно также отметить, что в ходе взаимодействия между объектами один объект передает другому некоторую субстанцию, но при этом сам ее не теряет. Следствием нематериальной природы информации является возможность ее неограниченного тиражирования, которая означает неисчерпаемость информационных ресурсов и свидетельствует об их принципиальном отличии от ресурсов материальных.

Существование информации как объективного свойства материи логически вытекает из известных фундаментальных свойств материи – структурности, непрерывного изменения (движения) и взаимодействия материальных объектов.

Живая природа сложна и разнообразна. Источниками и приемниками информации в ней являются живые организмы и их клетки. Организм обладает рядом свойств, отличающих его от неживых материальных объектов. Между всеми этими уровнями циркулируют потоки не только вещества и энергии, но и информации.

Информационные взаимодействия в живой природе происходят так же, как и в неживой. Вместе с тем, живая природа в процессе эволюции создала широкое разнообразие источников, носителей и приемников информации.

В современном мире информация представляет собой один из важнейших ресурсов и, в то же время, одну из движущих сил развития человеческого общества. Информационные процессы, происходящие в

материальном мире, живой природе и человеческом обществе изучаются (или, по крайней мере, учитываются) всеми научными дисциплинами от философии до маркетинга.

Возрастающая сложность задач научных исследований привела к необходимости привлечения к их решению больших коллективов ученых разных специальностей. Поэтому практически все отмеченные выше теории являются междисциплинарными. Исторически сложилось так, что исследованием непосредственно информации занимаются две комплексных отрасли науки – кибернетика и информатика.

В настоящее время развитие любой страны невозможно без компьютеризации всех сфер деятельности. От скорости и полноты обработки и передачи информации зависят успехи не только в научной, образовательной, экономической деятельности, но и в сфере политики, защиты государственных интересов. Компьютеризированные системы стали неотъемлемой частью технического прогресса, автоматизации производства, обработки данных научных исследований.

Оборудование стало практически автоматическим, повсюду появились "промышленные роботы". Везде работают средства систем сбора, обработки, хранения, поиска, выдачи и передачи информации. Новые информационные технологии достигли такого развития, что, уже не осталось сфер человеческой деятельности, не затронутых еще одной информационной системой – WWW (World Wide Web, в переводе с английского "всемирная паутина"), известной как Интернет.

### **Системы счисления**

*Система счисления* – это совокупность правил наименования и изображения чисел с помощью набора знаков (цифр). Различают непозиционные и позиционные системы счисления.

В *непозиционной* системе счисления для обозначения чисел вводятся специальные знаки, количественное значение которых всегда одинаково и не зависит от их места в записи числа.

В *позиционной* системе для записи чисел используется ограниченное число знаков, интерпретация которых зависит от их места в записи числа. Количество различающихся цифр (знаков, символов) соответствует основанию системы счисления. Цифры, записанные в ряд, образуют число. Позиция цифры в изображении числа называется разрядом. "Вес" цифры зависит от занимаемой ею позиции.

Число в позиционной системе счисления представляет собой сумму степеней основания, умноженных на соответствующий коэффициент, который должен быть одной из цифр данной системы.

В общем виде в позиционной системе число  $N_{(X)}$  с основанием  $X$  можно представить в виде:

$$N_{(X)} = K_n \times X^n + K_{n-1} \times X^{n-1} + \dots + K_1 \times X^1 + K_0 \times X^0 + K_{-1} \times X^{-1} + \dots + K_{-m} \times X^{-m}, \quad (5.2)$$

где  $n$  – количество разрядов целой части;

$m$  – количество разрядов дробной части числа.

Наиболее известная позиционная система счисления – десятичная.

В информатике широко применяется двоичная система ( $X = 2$ ), в ней для записи числа используются две цифры: 0 и 1.

Пример: число 101001 в двоичной системе счисления можно представить следующим образом:

$$101001_{(2)} \Rightarrow 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0.$$

Один двоичный разряд соответствует одному биту информации.

Широко используется укрупненная единица информации – байт, включающая 8 двоичных разрядов (8 бит).

Для сокращения длины записи кодов команд и адресов при составлении программ используется восьмеричная или шестнадцатеричная системы счисления. Они удобны тем, что их основание – целая степень числа 2. Так,  $16_{(10)} = 2^4_{(10)}$ . Поэтому для перевода числа из этой системы счисления в двоичную достаточно заменить каждую шестнадцатеричную цифру двоичной тетрадой.

Например, число 14A,1B<sub>(16)</sub> в двоичной форме имеет вид:

$$\begin{array}{cccccc} 1 & 4 & A & 1 & B & \\ 0001 & 0100 & 1010 & 0001 & 1011 & \end{array} = 101001010,00011011_{(2)}.$$

В табл. 5.3 приводится запись чисел в различных системах счисления.

**Запись чисел в различных системах счисления**

Десятичная	Двоичная	Восьмеричная	Шестнадцатеричная
0	0	0	0
1	1	1	1
2	10	2	2
3	11	3	3
4	100	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F
16	10000	20	10
17	10001	21	11
18	10010	22	12
19	10011	23	13
20	10100	24	14

**Способы и формы представления информации**

Выделяют следующие три основных способа представления информации: *аналоговый, числовой (цифровой) и символьный*.

По мнению других авторов формы представления информации – *символьная, текстовая и графическая*.

*Символьная* основана на использовании символов – букв, цифр, знаков, в том числе знаков пунктуации и других знаков.

*Текстовая* также использует образующие тексты символы, но расположенные в определенном порядке.

*Графическая* – самая емкая и сложная. К ней относятся различные *виды изображений*.

Информация, представленная в виде, удобном для обработки, называется *данными*. Определенная структура информационного объекта, подвергаемого обработке, именуется *форматом*.

### **Особенности аналогового и цифрового способов хранения и передачи информации**

Представим, что в комнате должна гореть лампа мощностью в 250 ватт. Мы хотим регулировать освещение от 0 ватт (полная темнота) до максимума. Один из способов добиться этого – воспользоваться выключателем с регулятором. Это – пример информации, *хранимой в аналоговом виде*. Положение ручки регулятора соответствует уровню освещения. Измеряя или описывая то, насколько повернута ручка, мы на самом деле сохраняем информацию не об уровне освещения, а о его аналоге – положении ручки.

Аналоговую информацию можно накапливать, хранить и воспроизводить, но она *неточна и, что хуже, при каждой передаче становится все менее точной*.

Рассмотрим не аналоговый, а *цифровой метод* хранения и передачи информации.

Любой вид информации можно преобразовать в числа, пользуясь только *нулями и единицами*. Каждый ноль или единица — это *бит*. Преобразованную таким образом информацию можно передать компьютерам и хранить в них как длинные строки бит. Эти числа и подразумеваются под "цифровой информацией".

Пусть вместо одной 250-ваттной лампы будет 8 ламп, каждая из которых в 2 раза мощнее предыдущей – от 1 до 128 ватт (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 ватт). Кроме того, каждая лампа соединена со своим выключателем, причем самая слабая расположена справа. Такая система обеспечивает точную запись уровней освещенности для использования или передачи другим, у кого в комнате аналогичный порядок подключения ламп. Поскольку способ записи двоичной информации универсален (младшие разряды справа, старшие – слева, каждая последующая позиция удваивает значение разряда), нет необходимости указывать мощность конкретных ламп. Вы просто определяете состояние выключателей: "вкл-выкл-выкл-выкл-вкл-выкл-

выкл-вкл". Чтобы еще больше сократить обозначения, можно заменить "выкл" нулем (0), а "вкл" – единицей (1). Тем самым вместо "вкл-выкл-выкл-выкл-вкл-выкл-выкл-вкл" (подразумевая, что надо включить первую, четвертую и восьмую лампы, а остальные выключить). Вы запишете то же самое иначе: 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1 или двоичным числом 10001001. Оно равно десятичному 137.

Описанный способ иллюстрирует теорию двоичного представления информации, лежащую в основе любого современного компьютера.

Отличительная черта современной информации и информации будущего – ее цифровая форма

### **Преобразование информации в цифровой вид**

Двоичные числа используются для хранения текста в персональных компьютерах, музыки на компакт-дисках и т. д. Прежде чем отправить информацию в компьютер, ее надо преобразовать в двоичный вид. А машины, цифровые устройства, возвращают информации ее первоначальную форму.

**Преобразование чисел.** Пример с выключателями ламп продемонстрировал, что любое число можно представить в двоичном виде.

**Преобразование текста.** Каждой букве алфавита ставится в соответствие определенное число. Например, число 65 кодирует заглавную латинскую букву А, число 66 – В и т. д. В компьютере каждое из этих чисел выражается двоичным кодом, поэтому заглавная латинская буква А (десятичное число 65) превращается в 01000001, а буква В (66) – в 01000010. Пробел кодируется числом 32, или 00100000. Таким образом, выражение "Socrates is a man" ("Сократ есть человек") становится 136-разрядной последовательностью единиц и нулей:

01010011 01101111 01100011 01110010 01100001 01110100 01100101  
01110011 00100000 01101001 01110011 00100000 01100001 00100000  
01101101 01100001 01101110.

**Преобразование звуковой (аудио) информации.** В природе все аудио- и видеопроцессы протекают в аналоговой форме, и существует проблема их представления в дискретном виде, которая рассматривается в теории дискретизации.

Запись на виниловой пластинке – это аналоговое представление звуковых колебаний. Аудиоинформация хранится на ней в виде микроскопических бугорков, расположенных в спиральных канавках. Эти бугорки являются аналогами исходных колебаний – звуковых волн,

улавливаемых микрофоном. Двигаясь по канавке, иголка проигрывателя попадает на бугорки и вибрирует. Ее вибрация – аналоговое представление звука – усиливается и звучит из динамиков как музыка.

На *компакт-диске* музыка хранится как последовательность двоичных чисел, каждый бит которых представлен микроскопической впадинкой на поверхности диска. На современных компакт-дисках таких впадинок более 5 миллиардов. Отраженный лазерный луч внутри проигрывателя компакт дисков цифрового устройства – проходит по каждой впадинке, а специальный датчик определяет ее состояние (0 или 1). Полученную информацию проигрыватель реконструирует в исходную музыку, генерируя определенные электрические сигналы, которые динамики преобразуют в звуковые волны.

### **Проблема передачи больших объемов информации. Сжатие информации**

Удобно преобразовать всю информацию в цифровую форму, но возникает *проблема обработки ее больших объемов*. Слишком большое число бит может переполнить память компьютера или потребовать много времени на передачу между компьютерами. Вот почему так важна (и становится все важнее) способность компьютера сжимать цифровые данные и хранить или передавать их в таком виде, а затем вновь разворачивать сжатые данные в исходную форму.

*Видеоданные* имеют наибольшие объемы из всех видов информации. Алгоритмы сжатия и форматы представления потока видеоданных на сегодня существуют разные, но наибольшую популярность получили стандарты серии MPEG. Эти стандарты разрабатывает группа Motion Picture Expert Group Международной организации по стандартам (ISO).

Первый стандарт этой серии, *MPEG-1*, разрабатывался специально для распространения видео на CD-ROM и был принят в качестве официального стандарта в 1992 г. Этот стандарт получил широкое распространение благодаря дискам VideoCD (VCD). Основным недостатком VCD заключался в том, что полнометражный фильм в этом формате помещается только на два CD. В 1994 году появился на свет стандарт *MPEG-2*, который позволил увеличить скорость потока данных до 3 – 15 Мбит/с. Этот формат активно используется в цифровом телевидении и при записи дисков DVD-Video. Стандарт *MPEG-3* разрабатывался для телевидения высокой четкости (HDTV), он должен

был обеспечить скорость потока данных 20 – 40 Мбит/с, но когда выяснилось, что принципиальной разницы в подходах MPEG-2 и MPEG-3 нет, разработка последнего была прекращена, а стандарт MPEG-2 был расширен. В 1998 г. было объявлено о создании стандарта *MPEG-4*. Благодаря более совершенному алгоритму сжатия появилась возможность записывать полнометражный фильм на одном CD с качеством даже лучше, чем у VCD (MPEG-1). Однако в новом стандарте увеличились аппаратные требования. Масштаб разработки и множество заложенных потенциальных возможностей сделали MPEG-4 универсальным стандартом с очень широкой областью применения. В MPEG-4 видеоданные рассматриваются уже не просто как информационный массив, а как объектно-ориентированная среда и определяются законы взаимодействия объектов. Из объектов строятся сцены. Сцена имеет свою систему координат, в соответствии с которой и размещаются объекты. Окончательная сборка сцены (с возможностью различных преобразований) происходит на приемном конце – в компьютере, приставке или телевизоре пользователя. Эта особенность открывает поистине безграничные возможности для построения систем *интерактивного телевидения* (ИТВ), начиная от выбора камеры и масштабирования отдельных объектов и заканчивая перемещением объектов внутри сцены и каким-либо воздействием на них при помощи, например, контекстных меню.

В основе всех технологий интерактивного телевидения лежит трансляция оцифрованного сжатого видеоизображения по высокоскоростной сети, поддерживающей двустороннюю передачу данных. Специальная ИТВ-приставка принимает и декодирует видеоизображение, а также посылает управляющие сигналы с пульта пользователя на сервер провайдера услуг ИТВ. Для организации скоростной сети лучше всего подходит использование оптоволоконного кабеля, способного обеспечить передачу 500 каналов и даже больше. Разработка систем ИТВ ведется сегодня сразу по нескольким направлениям, а создаваемые технологии предполагают разную степень интерактивности.

### **Представление информации в цифровой ЭВМ**

Информация, используемая в ЭВМ, может быть разбита на группы: 1) системная, 2) программная и 3) обрабатываемая информация.

Для кодирования *любой информации в цифровой ЭВМ используется двоичная система счисления*, так как вычислительные машины выполнены на двухпозиционных электронных элементах. Двухпозиционные элементы в каждый момент времени находятся в одном из двух устойчивых состояний, которые соответствуют знакам двоичной системы счисления: 1 или 0. Установлено, что при современных микроэлектронных технологиях и использовании неймановского принципа адресации к памяти цифровые элементы на основе двоичной системы счисления обеспечивают максимальную производительность ЭВМ. Кроме того, применение двоичной системы счисления для обработки информации в ЭВМ позволяет упростить построение аппаратуры и облегчить проектирование машины.

### **5.5. Основные цифровые устройства, используемые для получения, хранения, преобразования и представления двоичной информации**

В настоящее время во всем мире широко применяется концепция стандартизации устройств цифровой техники как основа повышения технико-экономической эффективности. Благодаря успехам микроэлектроники в нашу повседневную жизнь прочно вошли так называемые цифровые устройства. Без цифровых устройств немислимы вычислительная техника, средства передачи информации, бытовая аппаратура, современные устройства печати и многое другое.

Элементы цифровой электроники выполняют функции преобразования информации, представленной в цифровом виде.

Появление интегральных схем со сверхбольшой степенью интеграции элементов, реализующих сложные логические функции, функции памяти и другие продолжает изменять исполнение электронной аппаратуры и ее отдельных устройств.

Подавляющее большинство современной электронной аппаратуры реализовано с использованием цифровой элементной базы.

Основными *элементарными "кирпичиками" большинства цифровых устройств являются логические элементы*, то есть электрические схемы посредством которых выполняются логические операции. Они отличаются большим конструктивным разнообразием и набором реализуемых логических действий.

В основу теории, положенной в основу функционирования цифровых элементов положена *булева алгебра или алгебра логики*, которая использует логические выражения, которые могут иметь только *два значения – "истинно" или "ложно"*. Для обозначения истинности или ложности пользуются символами 1 и 0.

Двоичные переменные могут образовывать *логические функции* и над ними можно осуществлять *логические операции*. Способы представления двоичной информации в цифровых микросхемах, логические основы цифровой техники достаточно просты и вполне доступны для понимания.

В процессе развития цифровой электроники выделилось несколько типов логических элементов, удобных для практической реализации. Они служат базой современных цифровых устройств. На практических занятиях мы изучим, как исполнены эти базовые элементы, какой схемой они реализованы, какими параметрами характеризуются.

### **Общие сведения о представлении информации двоичными числами и основы теории логических схем**

В цифровой технике двоичная информация может быть представлена в виде электрических сигналов двумя способами: *потенциальным и импульсным*.

При *потенциальном способе* логические сигналы "0" и "1" представляют существенно различающимися уровнями потенциала (напряжения на выводе относительно точки нулевого потенциала) "высоким" и "низким". Считается, что интервал времени между соседними изменениями потенциального сигнала значительно больше времени отклика схемы в которой он используется. При этом существует соглашения о "положительной" и "отрицательной" логике.

При *положительной логике* за уровень логической "1" принято значение напряжения высокого уровня (к примеру, +5 В), а за логический ноль – напряжение низкого уровня (~ 0.2 В). Если за "0" принят высокий потенциал, а за "1" низкий, то имеет место представление двоичных чисел в *отрицательной логике*. В настоящее время наибольшее распространение получила *положительная логика*.

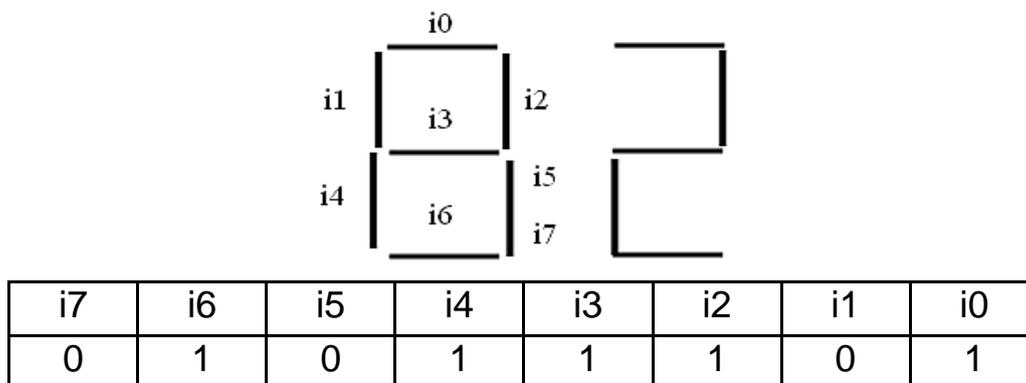
При *импульсном способе* состояние выходного информационного параметра представляется наличием или отсутствием импульса определенной амплитуды и длительности. Сигнал в цифровой технике

считается импульсным, если длительность его того же порядка, что и время отклика схемы (схема должна отреагировать на воздействие импульсного сигнала, а он должен закончиться сразу же после окончания в схеме переходного процесса). Импульсные сигналы порождаются изменениями потенциальных сигналов с 1 на 0 и (или) с 0 на 1.

Для того, чтобы можно было представлять и описывать информацию в двоичной системе счисления вводят понятие бита.

*Bit* (от англ. *binary digit* – двоичная цифра) – это разряд числа, представленного в двоичной системе, который может принимать только два значения "0" и "1".

Если рассматривать бит, как некую абстрактную букву, то цепочки из битов можно уподобить неким "словам", представленным в двоичной системе счисления. Слова – это группы битов, которые могут быть прочитаны и интерпретированы. Например, цифре 2 на семисегментном индикаторе (с десятичной точкой) соответствует 8 битовое слово, показанное на рис. 5.3. в нижней строке таблицы. Другой цифре будет соответствовать другое 8 битовое слово.



**Рис. 5.3. Представление информации о символе 2 на семисегментном индикаторе в виде восьмибитового слова (байта)**

Аналогично, каждой клавише, нажимаемой на клавиатуре компьютера, соответствует свое восьмибитовое слово в двоичном коде. Значение слова определяется кодом американского стандарта для обмена информацией ASCII ("АСКИ"). Например, цифре 5 соответствует слово 1 011 010 1. В этом слове старший разряд (старший бит, находящийся слева) обычно выступает, как контрольный бит четности. Его берут равным 1, если общее количество единиц в слове четное.

Восьмибитовое слово, рассматриваемое как одна информационная единица для обмена цифровой информацией, называется *байтом*.

Для оценки информации используют также следующие единицы: 1 024 бита ( $2^{10}$ ) – килобит, 1 024 байта ( $2^{10}$ ) – килобайт, 1 048 576 ( $2^{20}$ ) байт – мегабайт и т. д.

Слово может быть представлено в *параллельном виде* (коде). Как при импульсном, так и потенциальном способе представления информации все разряды двоичного числа (все биты) представлены одновременно (в одном временном промежутке, такте). В этом случае для их передачи необходимо задействовать количество потенциальных проводов, соответствующих количеству разрядов и один проводник, имеющий нулевой потенциал (говорят надо использовать шину).

Если слово представлено в *последовательном коде*, то для его передачи нужен один канал (два проводника – потенциальный и нулевой) и требуется 8 тактов для передачи всего слова. Скорость передачи информации при этом меньше.

### **Логические функции и элементы цифровой интегральной схемотехники их реализующие**

В булевой алгебре используются три математических операции – *инверсии, логического сложения, логического умножения*. В электронных схемах выполняют эти логические операции *логические элементы*. По этой причине простейшими логическими элементами (ЛЭ) цифровой интегральной электроники будут следующие:

1) *инвертор (элемент "НЕ" (NOT))*. Он выполняет логическую функцию *инверсия*:  $Y = \bar{x}$ . Черта над  $x$  указывает на то, что логический сигнал инвертирован. Если последовательно включить два инвертора, то получим логический повторитель  $Y = X$ ;

2) *логический элемент ИЛИ (OR)*. Этот ЛЭ реализует функцию *логического сложения (дизъюнкцию)*  $Y = X_1 + X_2 = X_1 \vee X_2$ . Обозначение  $\vee$  от латинского VEC – или;

3) *логический элемент И (AND)*. Такой ЛЭ реализует операцию *логического умножения (конъюнкции)*  $Y = X_1 \cdot X_2 = X_1 \wedge X_2$ .

Как показала практика, проще при создании сложных логических устройств и целесообразнее (требуется меньшее число цифровых интегральных микросхем) использовать не простейшие логические элементы, а так называемые базовые ЛЭ. Такие "строительные кирпичики" являются универсальными и с их помощью можно

реализовать весь набор логических операций. Кроме того, они дешевле в изготовлении. К числу базовых логических элементов, как наиболее предпочтительных, относят следующие ЛЭ:

4) *логический элемент И – НЕ (AND)* "элемент Шеффера". Он реализует операцию  $Y = \overline{X_1 \times X_2} = \overline{X_1 \wedge X_2}$  инверсии логического произведения;

5) *логический элемент ИЛИ – НЕ "Стрелка Пирса"*. Такой ЛЭ реализует операцию  $Y = \overline{X_1 + X_2} = \overline{X_1 \vee X_2}$  инверсии логического сложения.

Следует иметь в виду, что среди базовых ЛЭ все же наибольшее распространение получили логические элементы И – НЕ. Их наиболее часто используют при построении сложных логических схем.

Для осуществления ряда арифметических операций, операций логического сравнения и ряда других важных задач в цифровой электронике используют еще два логических элемента:

6) *логический элемент "Исключающее ИЛИ"*. Такой ЛЭ реализует операцию логического сложения по модулю два  $Y = X_1 \oplus X_2$ ;

7) *логический элемент "Исключающее ИЛИ – НЕ"*. Такой ЛЭ реализует операцию логическая равнозначность.

### **Схемотехническая реализация логических элементов**

В настоящее время промышленностью выпускаются следующие классы логических элементов:

- транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ);
- транзисторно-транзисторная логика с диодами Шоттки (ТТЛШ);
- эмиттерно-связанная логика (ЭСЛ);
- логика на основе комплементарных ключей на МОП-транзисторах (КМОП);
- интегральная инжекционная логика (И<sup>2</sup>Л);
- логика на основе арсенида галлия Ga As.

Наиболее распространены ТТЛ, ТТЛШ, КМОП. Каждый из классов логических элементов отличается друг от друга по быстродействию и потребляемой мощности. Наиболее быстродействующим является ИС ЭСЛ, но они и потребляют наибольшую мощность.

Самыми экономичными, но и наименее быстродействующими являются ИС КМОП. ТТЛШ занимают среднее положение.

Основой каждого класса логических элементов является использование типового базового логического элемента. Этот электронный узел является базой построения всех разновидностей цифровых устройств. В частности, большинство современных цифровых интегральных микросхем реализовано на логическом элементе, выполняющем функцию "И – НЕ".

## 5.6. Визуализация данных

Методы визуализации, в зависимости от количества используемых измерений, принято классифицировать на две группы:

- представление данных в одном, двух и трех измерениях;
- представление данных в четырех и более измерениях.

В соответствии с количеством измерений представления это могут быть следующие способы:

- одномерное (univariate) измерение, или *1-D*;
- двумерное (bivariate) измерение, или *2-D*;
- трехмерное или проекционное (projection) измерение, или *3-D*.

Наиболее естественно человеческий глаз воспринимает двухмерные представления информации.

Если набор данных имеет более трех измерений, то возможны такие варианты: использование *многомерных методов* представления информации; *снижение размерности до одно-, двух- или трехмерного* представления.

Существуют различные способы снижения размерности. Для снижения размерности и одновременного визуального представления информации на двумерной карте используются самоорганизующиеся карты Кохонена.

Представления информации в четырехмерном и более измерениях недоступны для человеческого восприятия. Однако разработаны специальные методы для возможности отображения и восприятия человеком такой информации.

Наиболее известные способы многомерного представления информации: *параллельные координаты*; *"лица Чернова"*; лепестковые диаграммы.

## **Классификация современных систем визуального отображения информации**

Основным устройством вывода визуальной информации, а также контроля и управления работой системы является *дисплей* (*display* – устройство отображения). Дисплей (в электронике, информатике и др. часто применяют термин монитор) может быть основан и работать на различных физических принципах.

Мониторы различаются по характеристикам в зависимости от:

1) типа экрана (физических принципах, заложенных в его работу): на электронно-лучевых трубках – ЭЛТ; жидкокристаллические дисплеи (индикаторы, мониторы) – ЖКД, ЖКИ [LCD – Liquid-Crystal Display] (активные и пассивные); "плазменные"; "электролюминесцентные"; "органические светодиодные"; "вакуумные флюорисцентные"; "полипланарные оптические"; "автоэлектронной эмиссии"; "гибридные" и т. д.;

2) возможности цветопередачи ("цветные" и "монохроматические");

3) типа используемого видеоадаптера и разрешающей способности (видеоадаптеры: MDA, CGA, Hercules, EGA, VGA, SVGA и др.);

4) размеров экрана (измеряются по диагонали в дюймах).

Мониторы работают в двух режимах: текстовом и графическом.

В текстовом режиме экран монитора (дисплей разбивается на отдельные участки (например, на 25 строк по 80 символов), в которые могут быть выведены изображения заранее заданных форматом системы символов (букв, цифр, знаков, псевдографических символов и т. п.) в допустимых для каждого конкретного типа монитора и его видеоадаптера способах их представления (цвет, яркость, размер).

В графическом режиме экран монитора разделяется на множество "черно-белых" или "цветных" точек – "пикселов" (*pixel – picture element*), управлением яркостью свечения которых могут выводиться графики рисунки и символы в произвольной форме их представления. *Разрешающая способность изображения* на экране измеряется их числом в строке и по вертикали (например – 860 x 640). Величина разрешающей способности каждого типа монитора, а также количество отображаемых им градаций цвета и яркости ("уровней серого") определяются типом видеоадаптера и конструкцией его экрана.

Определим следующие два понятия: *зеленый монитор* [*green monitor (display)*] – монитор, конструкция которой соответствует требованиям Национальной программы США Energy Star и Агентства

защиты окружающей среды [Environmental Protection Agency] по сокращению потребления энергии компьютерами (в режиме "холостого хода" не более 30 Вт), не использованию токсичных материалов и возможности полной утилизации по истечении срока службы; *LR-монитор* [Low Radiation monitor] – монитор с низким уровнем излучения, отвечающий требованиям спецификаций TCO, который в настоящее время широко используется во всем мире.

### **Альтернативные типы мониторов**

- *Мониторы на ЭЛТ [Cathod Ray Tube – CRT]*. Достоинствами мониторов на ЭЛТ являются: их высокая разрешающая способность, независимость от угла наблюдения экрана, хорошая цветопередача и относительно невысокая стоимость. Основные недостатки: значительные габариты, энергопотребление и уровень вредных электромагнитных излучений.

- *Жидкокристаллические мониторы, ЖК-мониторы, ЖК-дисплеи [Liquid Cristal Display – LCD]* – технология, основанная на особых свойствах группы прозрачных химических соединений со "скрученными молекулами", называемых жидкими кристаллами. Последние способны изменять под действием электрического поля свою структуру и положение плоскости поляризации света, а, следовательно, – управлять количеством проходящего через них светового излучения. Для создания цветного изображения панель дополняется матрицей RGB-фильтров. С учетом особенностей конструкции различают LCD с пассивной матрицей (*пассивные ЖК-дисплеи*) и LCD с активной матрицей (*активные ЖК-дисплеи*). В LCD с активной матрицей для управления каждым элементом изображения (пикселом) используются электронные переключатели, сохраняющие состояние электрического поля в каждой точке экрана на некоторое время после его активизации. Это позволяет использовать менее инерционные ("быстрые") жидкие кристаллы и таким образом исключить эффект "смазывания" изображения, характерный для LCD с пассивной матрицей. Кроме того переключатель, в качестве которого используется тонкопленочный транзистор (*TFT – Thin-Film Transistor Display*), предохраняет пиксел от воздействия соседних ячеек и устраняет перекрестные помехи, что делает изображение более четким. Очевидно, что LCD с активной матрицей являются более сложными и дорогими устройствами. Основными достоинствами ЖК-мониторов являются: малая толщина и масса,

небольшое энергопотребление, что сделало их предпочтительными при использовании в компактных устройствах (ноутбуки, электронные секретари, циферблаты часов и т. д.). Кроме того, вредное для здоровья человека излучение практически отсутствует. Основные недостатки: сравнительно высокая стоимость, которая зависит от размеров экрана, значительная зависимость качества изображения от угла визирования экрана а также заметная инерционность.

- *Органические светодиодные мониторы [Organic LED – OLED]* – основой для построения OLED служат тонкопленочные материалы, которые в отличие от ЖК сами являются источниками светового излучения и поэтому не требуют дополнительной подсветки. Это обеспечивает более высокий диапазон яркости и меньшее энергопотребление мониторов. OLED-экраны тоньше ЖК-экранов и могут быть выполнены на различных тонких основах, например на пластике. Недостатком данной технологии являются определенные проблемы с точностью цветопередачи, а также необходимость использования для контроля каждой точки изображения нескольких транзисторов, что может заметно сократить их преимущества по энергопотреблению и стоимости.

- *Плазменные мониторы, плазменные экраны, плазменные дисплеи [plasma display, plasma display panel – PDP]* – тип "плоского" монитора, в котором используется эффект ионизации газа между двумя панелями с токопроводящими решетками. Каждый пиксел устроен подобно миниатюрной люминисцентной лампы, которая излучает красный, зеленый или синий цвет.

- *Полипланарные оптические дисплеи [Polyplanar Optics Display - POD]* – принцип работы POD основан на использовании оптоволоконной технологии: пучок оптических волокон в сечении образующий прямоугольник, в котором торец каждого оптического волокна (диаметр ~ 25 мкм) составляет точку экрана, передает изображение, формируемое с использованием лазерного или другого источника излучения.

- *Вакуумные флюорисцирующие мониторы [Vacuum Fluorescent Displays – VFD]* – основаны на использовании высокоэффективного фосфорного покрытия, нанесенного в виде матрицы на экран. Каждый элемент матрицы служит анодом. Мониторы обеспечивают высокую яркость изображения, позволяющую хорошо его видеть при ярком свете. Однако разрешающая способность их невелика, поскольку

ограничивается размерами нанесенных на экран точек фосфорного покрытия. Используется преимущественно в больших информационных панелях.

- *Мониторы (дисплеи) автоэлектронной эмиссии [Field Emission Display – FED]* – новая и быстро развивающаяся технология, отличающаяся тем, что в отличие от ЭЛТ, в которых имеется от одной до трех электронных пушек, используется электроразрядная матрица.

- *Мониторы (дисплеи) усиленной эмиссии [High Dain Emission Display – HGED]* – являются развитием FED -технологии.

- *Гибридные мониторы автоэлектронной эмиссии [Hybrid Field Emission Display – HyFED]* – технология, разрабатываемая фирмами SI Diamond Technology и Micron, усовершенствует мониторы автоэлектронной эмиссии ("FED") путем использования в матричном покрытии экрана триодной структуры полупроводникового субстрата, вместо диодной, как это имело место в FED. Ввиду быстрого совершенствования данной технологии ее перспективы оцениваются достаточно высоко.

В настоящее время наибольшее распространение получили дисплеи на электронно-лучевых трубках и жидкокристаллических матрицах.

## 5.7. Передача данных

Информация – это также сведения, передаваемые источником получателю (приемнику). Она всегда связана с материальным носителем, с материальными процессами и имеет некоторое представление. Информация, представленная в какой-либо форме, называется сообщением. *Сообщения* представляются в виде сигналов и данных. Сообщения представляют собой либо последовательность импульсов, означающую линейный код (в полосе пропускания), либо ограничивается набором непрерывно меняющейся формы волны, используя метод цифровой модуляции. Такой способ модуляции и соответствующая ему демодуляция осуществляются модемным оборудованием. *Сигналы* используются для передачи между источником и получателем, то есть в пространстве, изменяющихся во времени сообщений, а *данные* – для их хранения и представления.

*Сигнал* – изменяющийся во времени физический процесс, изменение параметров которого и несет информацию к получателю.

*Данные* – результат фиксации и хранения, отображения информации на любом материальном носителе, то есть зарегистрированное на носителе представление сведений независимо от того, дошли ли эти сведения до какого-нибудь приемника и интересуют ли они его.

*Передача данных* (другие термины: обмен данными, цифровая передача, цифровая связь, передача информации) – *физический перенос данных* (цифрового битового потока) в виде сигналов от точки к точке или к нескольким точкам средствами электросвязи по каналу связи, как правило, для последующей обработки средствами вычислительной техники. Путь, по которому данные от источника поступают к получателю, часто называют *каналом (магистралью)*. Канал характеризуется размерностью "единицы обмена" – числом сигнальных линий (проводников), которые отведены на передачу сообщения.

Примерами подобных каналов могут служить медные или алюминиевые провода, оптическое волокно, беспроводные каналы связи или различные запоминающие устройства.

Передача данных может быть *аналоговой* или *цифровой* (то есть поток двоичных сигналов), а также модулирован посредством *аналоговой модуляции*, либо посредством *цифрового кодирования*. Передаваемые данные могут быть цифровыми сообщениями, идущими из источника данных, например, из компьютера или от клавиатуры. Это может быть и аналоговый сигнал – телефонный звонок или видеосигнал, оцифрованный в битовый поток, используя импульсно-кодирующую модуляцию (PCM) или более расширенные схемы кодирования источника (аналого-цифровое преобразование и сжатие данных).

Кодирование источника и декодирование осуществляется кодеком или кодирующим оборудованием.

### **Последовательная и параллельная передача**

Передача данных (информации) может быть последовательной или параллельной. *Параллельной передачей* в телекоммуникациях называется одновременная передача элементов сигнала одного символа или другого объекта данных. В цифровой связи параллельной передачей называется одновременная передача соответствующих элементов сигнала по двум или большему числу путям. При параллельном способе передачи информации от источника сообщения к получателю (когда осуществляется передача информации сразу по

нескольким проводникам магистрали одновременно) в данном канале на сигнальных проводниках представляются одновременно и перемещаются сразу группами бит (словом). Для этой цели используется набор рядом расположенных проводников (называемый шиной). *Шина* – это физическая группа линий передачи (электрических проводников), обладающий функциональной общностью, поскольку по каждой линии передается один двоичный разряд информации. Обычно параллельно передаются двухбайтовые (16 бит), четырехбайтовые (32 бит) или восьмибайтовые (64 бит) слова. Данные в виде байтных слов передаются по 16, 32, 64, соответственно, отдельным "сигнальным" проводам (плюс один "нулевой" провод, имеющий нулевой потенциал), образующим шину данных.

*Цифровая последовательная передача* – это последовательная отправка битов по одному проводу или оптическому пути. Так как это требует меньшей обработки сигнала и меньше вероятность ошибки, чем при параллельной передаче, то скорость передачи данных по каждому отдельному пути может быть быстрее. Этот механизм может использоваться на более дальних расстояниях, потому что легко может быть передана контрольная цифра или бит четности. При последовательном способе передачи информации от источника сообщения к получателю данные, составляющие слово (пакет данных), передаются по одному каналу, бит за битом. В этом простейшем случае шина данных, состоит из 2 проводов. Два параллельных изолированных провода могут служить примером двухпроводного канала передачи данных. Если при этом провода скручены вместе. То канал называют скрученной парой. Скручивание двух проводов уменьшает помехи (нежелательные внешние воздействия на канал). В сложной помеховой обстановке используют коаксиальные кабели или экранированные двухпроводные линии.

### **Типы каналов связи**

- *Симплекс* – канал, допускающей передачу данных только в одном направлении, пример – радиотрансляция, телевидение;
- *Полудуплекс* – режим, при котором передача ведется в обоих направлениях, но с разделением. В каждый момент времени передача ведется только в одном направлении.
- *Дуплекс* – режим, при котором, в отличие от полудуплексного, передача данных может производиться одновременно с приемом

данных. Иногда его также называют "полнодуплексным" режимом для того, чтобы яснее показать разницу с полудуплексным.

### **Топологии кабельных (компьютерных) сетей для передачи данных**

Все сети обычно структурированы, то есть состоят из элементов, объединенных определенными связями.

*Структурированная кабельная система* (Structured Cabling System, SCS) – это набор кабелей, коммутационных элементов (разъемов, коннекторов), а также методика их совместного использования, которая позволяет создавать регулярные, надежные, легко расширяемые структуры связей в вычислительных сетях.

В таких сетях кабели осуществляют не только непосредственное физическое соединение компьютеров друг с другом (как говорят, соединение узлов подключения сети кабелем по схеме "точка – точка").

В структурированных кабельных системах используют и другие схемы физического соединения компьютеров, которые называют топологией сети.

*Сетевая топология* (от греч. τόπος, – место) – способ описания конфигурации сети, схема расположения и соединения сетевых устройств. Сетевая топология может быть:

- 1) физической – описывает реальное расположение и связи между узлами сети;
- 2) логической – описывает хождение сигнала в рамках физической топологии;
- 3) информационной – описывает направление потоков информации, передаваемых по сети;
- 4) управления обменом – это принцип передачи права на пользование сетью.

Существует много способов соединения сетевых устройств, из них можно выделить восемь базовых топологий:

- 1) шина; 2) кольцо; 3) двойное кольцо; 4) звезда; 5) ячеистая топология; 6) решетка; 7) дерево; 8) Fat Tree.

Остальные способы являются комбинациями базовых топологий.

В общем случае такие топологии называются смешанными или гибридными, но некоторые из них имеют собственные названия, например "Дерево".

*Топология сети*, то есть физическая схема, отображающая расположение узлов (точек подключения кабелей) и соединение их кабелем, может быть следующих типов: "общая шина", "звезда", "кольцо".

**1. Точка – точка** – это простейший вид компьютерной сети, при котором два компьютера соединяются между собой напрямую через коммуникационное оборудование.

Достоинством такого вида соединения является простота и дешевизна, недостатком – соединить таким образом можно только 2 компьютера. Часто используется в случаях когда необходимо быстро передать информацию с одного компьютера, например, ноутбука, на другой.

## **2. Многоточечная:**

1) в *шинной (магистральной) топологии* используется один кабель, именуемый магистралью или сегментом, к которому подключаются все компьютеры (рис. 5.4а). В каждый момент времени отправлять сообщение может только один компьютер, поэтому число подключенных машин значительно влияет на их быстродействие. По кабелю каждый бит данных кодируется отдельным электрическим или световым импульсом, весь кабель используется в качестве одного канала связи, то есть одновременная передача двух сигналов невозможна;

2) при *кольцевой топологии* все компьютеры подключаются к кабелю, замкнутому в кольцо (рис. 5.4б). Сигналы передаются в одном направлении. В такой сети каждый компьютер выступает в роли повторителя, усиливая сигналы и передавая их следующему компьютеру;

3) при *звездообразной топологии* (рис. 5.4в) все компьютеры с помощью сегментов кабеля подключаются к модульному компоненту – концентратору (Hub). Звезда – базовая топология компьютерной сети, в которой все компьютеры сети присоединены к центральному узлу (обычно сетевой концентратор), образуя физический сегмент сети.

*Концентратор* является узловой точкой сети, к которой подключаются компьютеры и периферийные устройства с сетевым интерфейсом.

Концентраторы соединяют сегменты, использующие одинаковые или разные типы носителя. Они восстанавливают сигнал, увеличивая дальность передачи. Они передают данные в обоих направлениях.

*Коммутатор (switch)*, за счет того что каждый его порт снабжен собственным процессором, каждый из которых работает параллельно, позволяет направить поступивший в низ сигнал только в тот порт, к

которому подключен требуемый компьютер. Другими словами. Коммутатор выполняет целенаправленную передачу информации между двумя портами на основе физического (MAC) адреса получателя (MAC-адрес – это шестнадцатеричный идентификатор, который назначается сетевому устройству его производителем). Это возможно благодаря тому, что коммутатор обладает встроенным процессором и памятью, в которой хранится таблица соответствующих MAC-адресов компьютеров и портов, к которым они подключены;

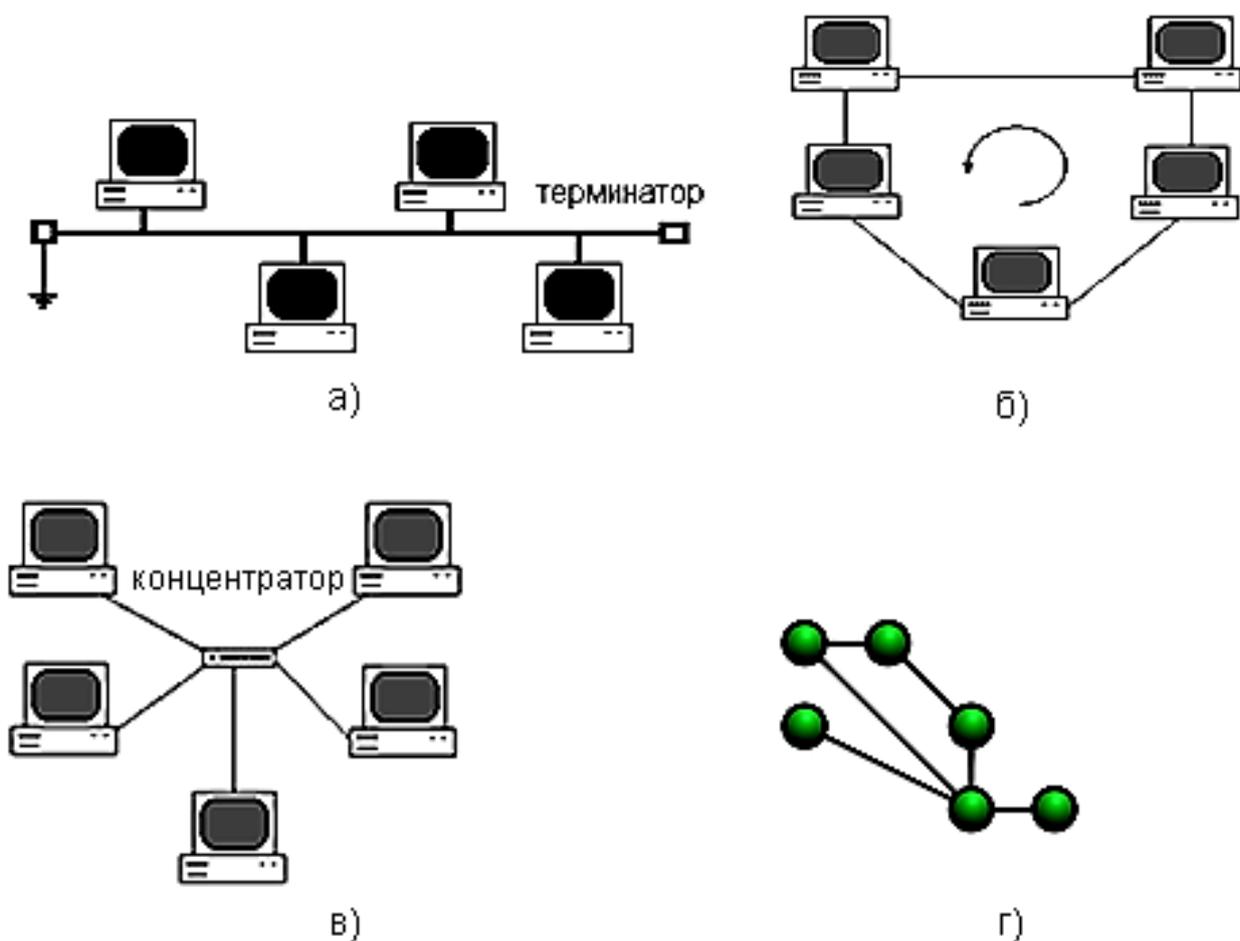


Рис. 5.4. Примеры базовых сетевых топологий

4) *ячеистая топология* (рис. 5.4г) – базовая полностью связанная топология компьютерной сети, в которой каждая рабочая станция сети соединяется со всеми другими рабочими станциями этой же сети. Характеризуется высокой отказоустойчивостью, сложностью настройки и переизбыточным расходом кабеля. Каждый компьютер имеет множество возможных путей соединения с другими компьютерами. Обрыв кабеля не приведет к потере соединения между двумя компьютерами.

## Беспроводные технологии передачи данных

*Беспроводные технологии передачи данных* – подкласс информационных технологий. Они служат для передачи информации на расстояние между двумя и более точками, не требуя связи их проводами.

Для передачи информации *может использоваться*:

- 1) инфракрасное излучение;
- 2) радиоволны;
- 3) оптическое;
- 4) лазерное излучение.

В настоящее время существует множество беспроводных технологий, наиболее часто известных пользователям по их маркетинговым названиям, таким, как: *Wi-Fi, WiMAX, Bluetooth, Wireless USB*. Каждая технология обладает определенными характеристиками, которые определяют ее область применения. В настоящее время наибольшую популярность в мобильных системах получили протоколы *Wi-Fi* (стандарт IEEE 802.11a/b/g/n) и *Bluetooth* (стандарт IEEE 802.15.1).

*Wi-Fi* представляет собой технологию, обеспечивающую беспроводной обмен данными с большой скоростью (108 Мбит/с) на средних расстояниях. *Bluetooth*. *Bluetooth* есть технология передачи данных со средними скоростями (до 3 Мбит/с) на малые и средние дистанции, а также технология беспроводных локальных сетей.

*Wi-Fi* – это аббревиатура от *Wireless Fidelity*. Такое название получил стандарт беспроводной передачи данных по радиоканалам IEEE 802.11b. Для передачи данных *Wi-Fi* использует частоту 2,4 ГГц. Скорость передачи данных 54 Мбит/с, однако ведутся работы, чтобы обеспечить скорость передачи данных до 320 Мбит/с. *Wi-Fi* это технология, которая, прежде всего, обеспечивает компьютеру, ноутбуку, КПК или смартфону (мобильному телефону с дополнительными функциями КПК) быструю и удобную беспроводную связь. На сегодняшний день *Wi-Fi* по праву считается одной из перспективной и оптимальной по соотношению цена-качество технологией в Интернет-индустрии. *Wi-Fi* организуются на базе собственной широкополосной сети передачи данных. Использование цифровых методов обработки и передачи информации, применение современного оборудования улучшают технические параметры связи, обеспечивают ее безопасность и гарантируют устойчивый высокоскоростной доступ в Интернет.

Пользователи могут перемещаться между точками доступа по территории покрытия сети Wi-Fi, оставаясь на связи. Мобильные устройства, оснащенные клиентскими Wi-Fi приемо-передающими устройствами, могут подключаться к локальной сети и получать доступ в Интернет через точки доступа (хотспоты).

Архитектура сетей Bluetooth может быть построена как "точка-точка", так и "точка-многоточка". Каждому изделию с Bluetooth при изготовлении присваивается уникальный 48-разрядный адрес. Радиообмен в Bluetooth происходит на частотах 2,4 – 2,4835 ГГц. Весь этот диапазон разделен на 79 каналов. В каждый момент времени обмен происходит только по одному из них. После передачи одного пакета данных обмен переходит на другой канал. Частота переходов с канала на канал до 1600 Гц. Такой принцип передачи данных, осуществляемый посредством частотных скачков (FHSS), называют псевдослучайной перестройкой рабочей частоты (ППРЧ). Последняя версия Bluetooth 2.0 + EDR имеет расширенный набор скоростей. Это означает, что, помимо базовой скорости 1 Мбит/с, возможен обмен со скоростями 2 и 3 Мбит/с. Увеличение скорости передачи происходит за счет изменения методов модуляции.

### **Подходы к классификации беспроводных технологий**

Существуют различные подходы к классификации беспроводных технологий.

*Классификация по дальности действия:*

- Беспроводные персональные сети (WPAN – Wireless Personal Area Networks) (до 10 м). Примеры технологий – Bluetooth.
- Беспроводные локальные сети (WLAN – Wireless Local Area Networks). Примеры технологий (до 100 – 150 м) – Wi-Fi.
- Беспроводные сети масштаба города (WMAN – Wireless Metropolitan Area Networks) (до 50 км). Примеры технологий – WiMAX.

*По топологии:*

- "Точка – точка".
- "Точка – многоточка".

*По области применения:*

- Корпоративные (ведомственные) беспроводные сети – создаются компаниями для собственных нужд.
- Операторские беспроводные сети – создаются операторами связи для возмездного оказания услуг.

Кратким, но емким способом классификации может служить одновременное отображение двух наиболее существенных характеристик беспроводных технологий на двух осях: максимальная скорость передачи информации и максимальное расстояние.

### Отличия проводных и беспроводных технологий передачи данных

Характеристика	Проводные	Беспроводные
Среда передачи	Кабель (медный, оптический)	Кабель не требуется, передача при помощи электромагнитных волн
Пропускная способность	Высокая	Ограниченная
Расстояния между точками	Большие	Как правило, ограничены
Мобильность абонентов	Не обеспечивается	Может быть обеспечена

### 5.8. Примеры практических заданий

1. Определите, за какое время будет передана информация о сигнале потребителю, если используется параллельный способ передачи данных.

2. Определите, за какое время будет передана информация о сигнале потребителю, если используется параллельный и последовательный способ передачи данных.

3. Покажите, как представляются десятичные цифры в двоичном, шестнадцатеричном виде и при двоично-десятичном кодировании, называемом также 8421 BCD (8421 Binari – Coded Decimal).

#### *Пример решения задания*

Для перевода десятичного числа в двоичную систему счисления используется функция DEC2BIN. В скобках первый аргумент является десятичным числом, которое надо перевести в двоичную форму, а второе число – количество бит в двоичном числе.

Здесь и далее переводимое число определяется суммой трех чисел: числа 100, номера учебной группы и номера студента по журналу учебной группы.

Для перевода десятичного числа в шестнадцатеричную систему счисления используется функция DEC2HEX. В скобках первый аргумент является десятичным числом, которое надо перевести в двоичную форму, а второе число – количество цифр в шестнадцатеричном числе.

Для представления каждой десятичной цифры двоично-кодированной группы обычно используют двоично-десятичное кодирование, называемое также 8421 BCD (8421 Binari – Coded Decimal). Много разрядные десятичные числа в коде 8421 BCD представляются путем объединения групп, кодирующих отдельные десятичные цифры. При этом число битов в кодирующих группах является строго фиксированным. Левые нули во всех десятичных цифрах от 0 до 7.

Для перевода десятичного числа в двоично-десятичный код 8421 BCD (8421 Binari – Coded Decimal) три раза пользуемся функцией DEC2BIN. В скобках второе число – количество бит в двоичном числе – устанавливаем равным 4 (каждая цифра десятичного числа представляется двоичной цепочкой из четырех бит – тетрадой).

Для десятичного числа 658 вводим в командное окно MATLAB: a10w2tetr3 = 0110 a10w2tetr2 = 0101 a10w2tetr1 = 1000.

Окончательно представление в двоично-десятичном коде 8421 BCD: 0110 0101 1000.

4. Покажите, как осуществляется перевод данных, представленных в двоичном, шестнадцатеричном виде и в двоично-десятичном кодировании, называемом также 8421 BCD (8421 Binari – Coded Decimal) обратно в десятичные цифры.

#### *Пример решения задания*

Для перевода двоичного числа в десятичную систему счисления используется функция BIN2DEC. В скобках в кавычках двоичное число, которое надо перевести в десятичную форму.

Для перевода шестнадцатеричного числа в десятичную систему счисления используется функции BASE2DEC или HEX2DEC. В скобках первой функции число, которое указывает основание системы счисления, в которой представлено число.

Для преобразования длинного двоичного числа в двоично-шестнадцатеричное надо разбить двоичное число на группы по 4 бита, продвигаясь от разделительной точки вправо и влево. Каждой группе из четырех битов затем ставится в соответствие шестнадцатеричная цифра.

Пусть задано двухбайтовое двоичное число:

1110001101011100.

Разбиваем двоичное число на группы по 4 бита:

1110 0011 0101 1100.

Каждой группе из четырех битов затем ставится в соответствие шестнадцатеричная цифра.

$a_{2w16tetr1} = C$   $a_{2w16tetr2} = 5$   $a_{2w16tetr3} = 3$   $a_{2w16tetr4} = E$ .

Окончательно двухбайтовое двоичное число 1110001101011100 в двоично-шестнадцатеричном представлении будет иметь вид C53E.

5. Рассчитайте, какие значения будут иметь данные при аналого-цифровом преобразовании аналогового синусоидального напряжения в набор 16 четырехбитовых двоичных чисел, если весь диапазон аналогового сигнала разделен на 16 уровней (на 16 квантов), и число различных кодовых слов будет 16.

6. Получите, используя задание букв своей фамилии на английском языке в виде десятичных цифр в символах кода ASCII, определите, как будет представлена ваша фамилия в виде файла в шестнадцатеричном и двоичном представлении.

7. Получите, используя задание букв своей фамилии на русском языке в символах кода Unicode. Определите, как будет представлена ваша фамилия в виде файла в шестнадцатеричном представлении.

8. Задано одно число в двоичной системе счисления. Оно представляют собой аргумент логической функции.

Определить, как будет выглядеть значение логической функции для элемента "НЕ" (NOT) для основных логических элементов.

9. Заданы два числа в двоичной системе счисления. Они представляют собой аргументы логической функции.

Определить, как будет выглядеть значение логической функции для элемента *ИЛИ* (OR).

### Контрольные вопросы

1. Поясните понятие – электромагнитное поле.
2. Как взаимосвязаны временная и пространственная периодичности волны?
3. Как описывают в современной формулировке электромагнитное поле?

4. Запишите и поясните уравнение плоской гармонической волны, распространяющейся, например, вдоль оси  $z$  в среде без потерь.
5. Все волны можно разделить на два типа: упругие и электромагнитные. Поясните.
6. Какими свойствами обладает оптическое излучение?
7. Поясните кратко распределение волн по частоте.
8. Поясните, чем электромагнитную волну характеризуют и каковы ее основные свойства.
9. Поясните понятие: оптическая область спектра электромагнитного излучения.
10. Видимый диапазон оптического излучения. Поясните, что это означает.
11. Поясните понятия: энергия и скорость волн..
12. Назовите основные параметры электромагнитных волн.
13. Поясните понятие: поляризация радиоволн.
14. В чем проявляется взаимодействие излучения с веществом?
15. Назовите основные типы взаимодействия излучения с веществом.
16. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом бывает двух типов. Назовите и поясните.
17. Ионизация и возбуждение. Поясните.
18. По физическим свойствам оптический диапазон волн состоит из: перечислите и поясните.
19. Какое явление называется дисперсией света?
20. Электромагнитные волны в квантовом представлении можно трактовать, как поток .... Чего? с энергией  $W_{\text{opt}}$  (обычно измеряемой в ... Чем?) Приведите формулу.
21. Кратко опишите, что представляет собой электромагнитная волна.
22. Какой вектор используется для количественной характеристики переносимой волной энергии? С чем совпадает его направление? Чему равна его абсолютная величина?
23. Оптическое излучение называют поляризованным, если ... Поясните.

## **6. Естественнонаучные представления, лежащие в основе перемещения информационных потоков и организации современных технологий управления**

### **6.1. Введение в информационные технологии**

Определим некоторые основные понятия, связанные с понятием информационных технологий.

*Сбор информации* – это деятельность субъекта, в процессе которой он получает сведения об интересующем его объекте.

*Обмен информацией* – это процесс, в течение которого источник информации ее передает, а получатель ее принимает.

*Хранение информации* – это процесс поддержания исходной информации в виде, который обеспечивает выдачу данных по запросам конечных пользователей в установленные сроки.

*Обработка информации* – это упорядоченный процесс ее преобразования в соответствии с алгоритмом решения задачи.

*Информационная технология (ИТ)* – это совокупность методов, производственных процессов и программно-технических средств, объединенных в технологическую цепочку, обеспечивающую сбор, обработку, хранение, распространение и отображение информации с целью снижения трудоемкости процессов использования информационного ресурса, а также повышения их надежности и оперативности.

*Цель создания и широкого распространения информационных технологий* – решение проблемы развития информатизации общества и всей жизнедеятельности в стране.

*Информатизация общества* – повсеместное внедрение комплекса мер, направленных на обеспечение полного и своевременного использования достоверной информации, обобщенных знаний во всех социально значимых видах человеческой деятельности.

*Информационная инфраструктура* – структура системы информационного обеспечения всех потребителей информации в стране, которая предоставляет им возможность использования новых информационных технологий на базе широкого применения информационно-вычислительных ресурсов и автоматизированной системы связи.

## **Понятие информационной системы**

*Информационная система (ИС)* – это коммуникационная система по сбору, передаче, переработке информации об объекте, снабжающая работников различного рода информацией для реализации функции управления.

Информационная система всегда создается для конкретного объекта. В эффективной информационной системе обязательно учитываются различия между уровнями управления, сферами действия, а также внешними обстоятельствами и каждому уровню управления дается только та информация, которая ему необходима для эффективной реализации функции управления.

Внедрение информационных систем выполняется с целью повышения эффективности производственно-хозяйственной деятельности организации, предприятия, фирмы и т. д. за счет как обработки и хранения рутинной информации, автоматизации конторских работ, так и за счет принципиально новых методов управления, основанных на моделировании действий специалистов организации при принятии решений (методы искусственного интеллекта, экспертные системы и другие), использовании современных средств телекоммуникаций (электронная почта, телеконференции), глобальных и локальных вычислительных сетей и т. д.

В современных условиях основным техническим средством обработки информации является персональный компьютер. Большинство современных ИС преобразуют не информацию, а данные. Поэтому часто их называют системами обработки данных.

В зависимости *от степени (уровня) автоматизации* выделяют ручные, автоматизированные и автоматические информационные системы.

*Ручные ИС* характеризуются тем, что все операции по переработке информации выполняются человеком.

*Автоматизированные ИС* – в них часть функций (подсистем) управления или обработки данных осуществляется автоматически, а часть – человеком.

*Автоматические ИС* – в них все функции управления и обработки данных осуществляются техническими средствами без участия человека (например, автоматическое управление технологическими процессами и др.).

По сфере применения обычно выделяют следующие классы информационных систем: 1) научные исследования; 2) автоматизированное проектирование; 3) организационное управление; 4) управление технологическими процессами.

### **Тенденции развития информационных систем**

Тенденции развития информационных систем тесно связаны с развитием компьютеров, компьютерной техники и компьютерных сетей. Поэтому различают несколько поколений ИС:

1) *первое поколение ИС* (1960 – 1970 гг.) основывалось на базе центральных ЭВМ по принципу "одно предприятие – один центр обработки", а в качестве стандартной среды выполнения приложений (функциональных задач) использовалась операционная система фирмы IBM – MVS;

2) *второе поколение ИС* (1970 – 1980 гг.): происходили первые шаги к децентрализации ИС, в процессе которой пользователи стали использовать информационные технологии в офисах и отделениях компаний, используя мини-компьютеры типа DEC VAX. Параллельно начали активно внедряться высокопроизводительные СУБД типа DB2 и пакеты коммерческих прикладных программ. Поэтому, кардинальным новшеством ИС этого поколения стала двух- и трехуровневая модель организации системы обработки данных (центральная ЭВМ – мини-компьютеры отделений и офисов) с информационным фундаментом на основе децентрализованной базы данных и прикладных пакетов;

3) *третье поколение ИС* (1980 – начало 1990-х гг.) массовое применение распределенной сетевой обработки на основе массового перехода на персональные компьютеры (ПК). Логика корпоративного бизнеса потребовала объединения разрозненных рабочих мест в единую ИС. В это время появились вычислительные сети и распределенная обработка. При развитии ИС третьего поколения идея чистой (одноранговой) распределенной обработки существенно ослабла и уступила место иерархической модели клиент-сервер;

4) *четвертое поколение ИС* в настоящее время находится в стадии развития. Отличительной чертой современных ИС является, в первую очередь, иерархическая организация. В ней централизованная обработка и единое управление ресурсами ИС на верхнем уровне сочетается с распределенной обработкой на нижнем и они

определяются синтезом решений, апробированных в системах предыдущих поколений. ИС четвертого поколения характеризуются такими основными особенностями:

- максимальное использование потенциала настольных компьютеров и среды распределенной обработки;
- модульное построение системы, которое предполагает существование множества различных типов архитектурных решений в рамках единого комплекса;
- экономия ресурсов системы) за счет централизации хранения и обработки данных на верхних уровнях иерархии ИС;
- наличие эффективных централизованных средств сетевого и системного администрирования;
- резкое снижение "скрытых затрат" – эксплуатационных расходов на содержание ИС, включающих затраты, трудно выделяемые в явном виде, которые непросто предусмотреть в бюджете организации (поддержание функционирования сети, резервное копирование файлов пользователей на удаленных серверах, настройка конфигурации рабочих станций и подключение их в сеть, обеспечение защиты данных, обновление версий программного обеспечения и т. д.).

В настоящее время можно выделить характерные черты и опасные тенденции современного информационного общества.

*Характерные черты:*

- решена проблема информационного кризиса, то есть разрешено противоречие между информационной лавиной и информационным голодом;
- обеспечен приоритет информации по сравнению с другими ресурсами;
- главной формой развития является информационная экономика;
- в основу общества заложены автоматизированные генерация, хранение, обработка и использование знаний с помощью новейшей информационной техники и технологии;
- информационные технологии приобрели глобальный характер, охватив все сферы социальной деятельности человека;
- сформировано единство всей человеческой цивилизации;

- реализованы гуманистические принципы управления обществом и воздействия на окружающую среду.

*Опасные тенденции информационного общества:*

- возрастающее влияние на общество средств массовой информации;
- все большее нарушение (или даже разрушение) посредством информационных технологий частной жизни людей или организаций;
- усложняющаяся проблема отбора качественной и достоверной информации;
- увеличение разрыва между разработчиками и потребителями информационных технологий до стратегически опасной величины;
- усиление проблемы адаптации части людей к среде информационного общества.

## **6.2. Структура и классификация информационных систем**

Структурно информационные системы состоят из совокупности отдельных ее частей, которые называют подсистемами. *Подсистема* представляет собой часть системы, выделенную по какому-либо признаку. Общую структуру информационной системы возможно рассматривать как совокупность подсистем независимо от сферы применения. Структура любой информационной системы может быть представлена совокупностью обеспечивающих подсистем, среди которых обычно выделяют информационное, техническое, математическое, программное, организационное и правовое обеспечение.

Назначение подсистемы информационного обеспечения состоит в своевременном формировании и выдаче достоверной информации для принятия управленческих решений.

*Информационное обеспечение* представляет собой совокупность унифицированных систем документации, единой системы классификации и кодирования информации, схем информационных потоков, циркулирующих в организации, а также методология построения баз данных.

*Техническое обеспечение* представляет собой совокупность (комплекс) технических средств, которые предназначены для работы информационной системы. Сюда же входит и соответствующая документация на эти средства и технологические процессы. В настоя-

щее время сформировались две основные формы организации технического обеспечения: централизованная и частично или полностью децентрализованная.

Средства *математического обеспечения* состоят из: средств моделирования процессов управления; типовых задач управления; методов математического программирования, математической статистики, теории массового обслуживания и др.

Средства *программного обеспечения* состоят из общесистемных и специальных программных продуктов и технической документации.

Организационное обеспечение включает в себя комплекс методов и средств, которые регламентируют взаимодействие работников с техническими средствами и между собой в процессе разработки и эксплуатации информационной системы.

*Правовое обеспечение* представляет собой совокупность правовых норм, которые определяют создание, юридический статус и функционирование информационных систем, регламентируют порядок получения, преобразования и использования информации.

В составе информационной системы можно выделить три важные подсистемы, представленные на рис. 6.1.

## Информационная система

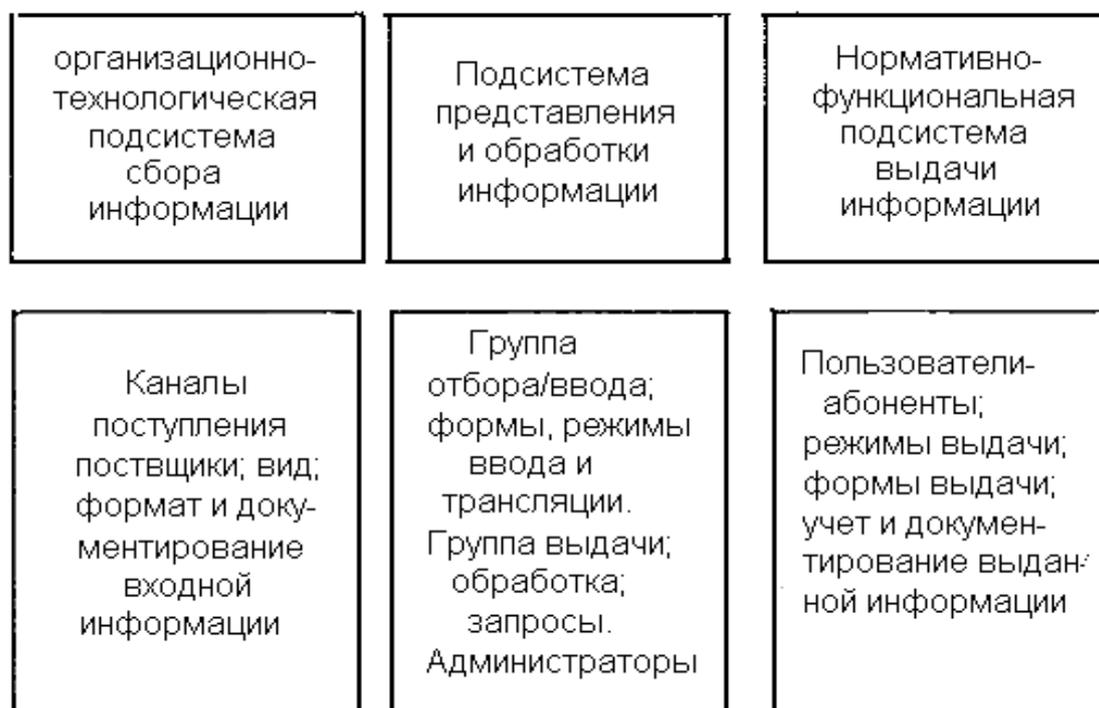


Рис. 6.1. Состав и функциональные группы информационной системы

Информационным ядром (информационным фондом) подсистемы представления и обработки информации АИС, то есть внутренним носителем знаний в предметной области является *база данных* (БД). Понятие базы данных является центральным в сфере технологий автоматизированных информационных систем (АИС).

Другим фундаментальным понятием, которое прямо связано с автоматизированной ИС, является *система управления базами данных* (СУБД). СУБД определяется как комплекс программных средств, которые реализуют создание баз данных, их поддержание в актуальном состоянии, и обеспечивают разным категориям пользователей возможность получать из БД требуемую информацию.

Совокупность конкретной базы данных, СУБД, прикладных компонентов АИС (набор входных и выходных форм, типовых запросов для решения информационно-технологических задач в конкретной предметной области), а также комплекса технических средств, на которых они реализованы, образуют *банк данных* (БнД), или иначе – *автоматизированный банк данных* (АБД).

### **Классификация информационных систем**

По характеру представления и логической организации хранимой информации АИС подразделяют на *фактографические, документальные и геоинформационные*.

В *фактографические* АИС накапливаются и хранятся данные в виде множества экземпляров одного или нескольких типов структурных элементов (*информационных объектов*).

В *документальных* АИС единичным элементом информации является нерасчлененный на более мелкие элементы документ. При этом информация при вводе (входной документ), как правило, не структурируется, или структурируется в ограниченном виде.

В *геоинформационных* АИС данные организовываются в виде отдельных информационных объектов (с определенным набором реквизитов), которые привязаны к общей электронной топографической основе (электронной карте). Геоинформационные системы применяют для информационного обеспечения в тех предметных областях, структура информационных объектов и процессов в которых имеет пространственно-географический компонент, например маршруты транспорта, коммунальное хозяйство и т. п.

Информационные системы также классифицируются:

- по функциональному назначению: производственные, коммерческие, финансовые, маркетинговые и др.;
- по объектам управления: информационные системы автоматизированного проектирования, управления технологическими процессами, управления предприятием (офисом, фирмой, корпорацией, организацией) и т. п.;
- по характеру использования результатной информации: информационно-поисковые, предназначенные для сбора, хранения и выдачи информации по запросу пользователя; информационно-советующие, предлагающие пользователю определенные рекомендации для принятия решений (системы поддержки принятия решений); информационно-управляющие, результатная информация которых непосредственно участвует в формировании управляющих воздействий.

Часто классификацию АИС проводят по *функциям и решаемым задачам*, главными среди них могут быть: справочные; поисковые; расчетные; технологические.

Любая информационная система разрабатывается и проектируется начиная с построения концептуальной модели ее использования. Эта модель устанавливает, прежде всего, наборы конкретных задач и функций, которые обеспечиваются созданием и эксплуатацией информационной системы. Она же устанавливает также систему сбора, накопления и выдачи информации.

### **6.3. Некоторые современные инструменты и методы обработки и анализа информационных потоков**

В настоящее время для решения задач в экономической сфере часто используются такие методы обработки и анализа информационных потоков:

1) *эвристические* – они применяются в тех случаях, когда количество информации недостаточно и нет возможности точно выделить границы применения формализованных методов, оценить допуск ошибки. Среди них: метод коллективного блокнота; мозговой штурм; прием синектики; кейс-метод;

2) *традиционные методы*: метод сравнения; метод относительных и сравнительных величин; графический метод; метод группировки;

3) *способ детерминированных факторов*: способ цепных подстановок; способ абсолютных разниц; способ относительных разниц;

4) *способы стохастического факторного анализа*: корреляционно-регрессионный анализ; дисперсионный анализ; компонентный анализ; многомерный факторный анализ;

5) *способы оптимизированных показателей*: экономико-математические методы; программирование; теория массового обследования; теория игр; исследование операций.

Можно выделить некоторые такие методы обработки и анализа информационных потоков, например, из сферы современного рынка:

- 1) *методы статистической обработки информации*. Этот подход включает в себя хорошо развитые и изученные классические методы, а именно регрессионный, корреляционный анализ, и т. д.;
- 2) *метод эволюционного программирования*. Этот метод представляет собой динамично развивающееся направление анализа многомерных информационных потоков. Основная идея метода состоит в записи на внутреннем языке программирования ряда предварительных гипотез. После этого системой генерируется алгоритм, который максимально точно выражает искомую зависимость, и после этого начинает самостоятельно ее корректировать. В конце концов из большого количества модифицированных программ отбирается наиболее удачный вариант;
- 3) *генетические алгоритмы*. Основная идея метода состоит в выборе оптимальных (наилучших) решений по ранее формализованным критериям. Процесс оптимизации в этом случае напоминает процесс естественной эволюции: отбор лучших решений (сильнейших), скрещивание и мутации;
- 4) *нейронные сети*. Нейронная сеть обычно представляет собой многослойную сетевую структуру, состоящую из однотипных элементов – нейронов, которые соединены между собой и сгруппированы в слои (многослойные нейросети). Оценивание постоянно изменяющихся внешних условий и соответственно степени влияния различных параметров выполняется нейронной сетью благодаря самому принципу построения;
- 5) *нечеткая логика*. Начиная с 60-х гг. прошлого столетия в результате разработки Л. Заде теории нечетких множеств, были разработаны несколько теорий, которые позволяют формализовать неопределенность. В настоящее время в этой области знаний ведутся многочисленные и интенсивно разработки и находится целый ряд новых применений. В основе теории нечеткой

логики лежит то, что, аналогично обычным числам, с распределениями нечеткости можно производить различные операции, например, складывать и умножать; 6) *технический анализ*. Основной постулат технического анализа состоит в следующем: цена учитывает все, поэтому большинство пакетов программного обеспечения, посвященных техническому анализу, базируются на представлении о том, что вся информация о колебаниях цен и причинах этих колебаний находится в самих колебаниях. Здесь же можно отметить и широко используемый, например, при работе с потоками финансовой информации, *метод волнового анализа* (подавляющее большинство методов технического анализа составляют так называемые "осцилляторы" – методы поиска и анализа циклических колебаний).

#### **6.4. Понятие распределенных информационных систем**

С появлением персональных компьютеров возникла необходимость выработки нового подхода к организации систем обработки данных и созданию новых информационных технологий. Неизбежно родилось логически обоснованное требование перехода от использования отдельных ЭВМ в системах централизованной обработки данных к распределенной обработке данных. Распределенная обработка данных – это обработка данных, выполняемая на независимых, но связанных между собой компьютерах, представляющих распределенную систему.

Под *распределенной информационной базой* понимают неограниченное количество баз данных, которые дистанционно удалены друг от друга (расположены на различных узлах сети компьютеров, и, возможно управляются различными СУБД) и имеют набор общих характеристик: 1) функционируют по единым правилам, определенным централизованно для всех баз данных, входящих в распределенную информационную базу; 2) обмен данными производится по правилам, которые заданы централизованно.

Распределенная база данных выглядит с точки зрения пользователей и прикладных программ как обычная локальная база данных. В этом смысле слово "распределенная" отражает способ организации базы данных, но не внешнюю ее характеристику ("распределенность" базы данных невидима извне).

*Распределенная информационная система* обычно определяется как комплекс логически интегрированных и территориально рассредоточенных БД, технических, программных, языковых и организационных средств, которые предназначены для накопления, ведения и использования информации. Для таких систем *характерны такие функции:*

1) накопление, обновление и хранение данных в географически удаленных узлах сети;

2) логическая интеграция территориально распределенных данных, процессов обработки, обновления и поиска информации;

3) обеспечение автоматического взаимодействия между локальными базами данных в процессе исполнения запросов и решения задач пользователей.

Распределенные ИС обычно разделяют на:

1) файл-серверные ИС (ИС с архитектурой "файл-сервер");

2) клиент-серверные ИС (ИС с архитектурой "клиент-сервер").

В файл-серверных ИС база данных находится на файловом сервере, а СУБД и клиентские приложения располагаются на рабочих станциях. В клиент-серверных ИС база данных и СУБД находятся на сервере, а на рабочих станциях находятся клиентские приложения. Клиент-серверные ИС разделяют на двухзвенные и многозвенные. В двухзвенных (англ. *two-tier*) ИС только два типа "звеньев": сервер баз данных, на котором находятся БД и СУБД (back-end), и рабочие станции, на которых находятся клиентские приложения (front-end). Клиентские приложения обращаются к СУБД напрямую. В многозвенных (англ. *multi-tier*) ИС добавляются промежуточные "звенья": серверы приложений (application servers). Пользовательские клиентские приложения не обращаются к СУБД напрямую, они взаимодействуют с промежуточными звеньями. Типичный пример применения многозвенности – современные веб-приложения, использующие базы данных. В таких приложениях кроме звена СУБД и клиентского звена, которое выполняется в веб-браузере, имеется одно промежуточное звено (как минимум) – веб-сервер с соответствующим серверным программным обеспечением (ПО).

Распределенные базы данных невозможно рассматривать вне контекста более общей и более значимой темы распределенных информационных систем.

Построение современных распределенных информационных систем сегодня напрямую связано с реляционными и объектно-ориентированными СУБД,

В настоящее время существует огромное количество систем управления базами данных (СУБД) и других программ, которые выполняют сходные функции. Инструментальные средства Oracle являются одними из лучших и наиболее мощных имеющихся инструментов разработки профессионального класса.

## **Классификация моделей построения баз данных**

### *Иерархическая модель*

Взаимосвязи и отношения в этой модели данных организованы в виде совокупностей деревьев. Дерево представляет собой структуру данных, в которой тип сегмента потомка связан только с одним типом сегмента предка.

### *Сетевая модель*

Сети представляют естественный способ представления отношений между объектами. В *сетевой модели* данные представлены сетевыми структурами типов записей и связаны отношениями мощности один к одному или один ко многим. В этой модели существует две основные структуры данных – типы записей и наборы: *тип записей* представляет собой совокупность логически связанных элементов данных; *набор* – в модели DTBG отношение один ко многим между двумя типами записей. Структура данных, в которой все бинарные отношения имеют мощность один ко многим, называется *простой сетью*. *Сложной сетью* называют структуру данных, в которой одно или несколько бинарных отношений имеют мощность многие ко многим. *Тип записи связи* – формальная запись, которая создана для преобразования сложной сети в эквивалентную ей простую сеть.

### *Реляционная модель*

В 1970 – 1971 годах Коддом Е. Ф. была введена реляционная модель данных и реляционные языки обработки данных – реляционная алгебра и реляционное исчисление: *реляционная алгебра* представляет собой процедурный язык обработки реляционных таблиц; *реляционное исчисление* – это непроцедурный язык создания запросов.

Применяют такие подходы к проектированию реляционной базы данных. *Первый подход* состоит в следующем: на этапе концептуального

проектирования создается непосредственно реляционная схема базы данных (а не концептуальная модель данных, как обычно), которая состоит из определений реляционных таблиц, подвергающихся нормализации.

Суть *второго подхода* заключается в механическом преобразовании созданной ранее функциональной модели в нормализованную реляционную модель. Такой подход обычно применяется при проектировании больших и сложных схем баз данных (они необходимы для корпоративных информационных систем).

### **Некоторые особенности управления в распределенных ИС**

Процесс управления исполнением основных функций ИС реализовывает комплекс программных средств, который обычно включает в себя такие элементы:

- 1) *систему управления распределенными базами данных (СУРБД)* как основной компонент;
- 2) сетевую операционную систему;
- 3) систему разграничения доступа и др.

Понятие СУРБД включает в себя систему, которая реализует принцип логической интеграции данных, физически распределенных между различными взаимосвязанными компьютерами. Основными функциями СУРБД обычно являются анализ и распределение запросов, и управление их прохождением.

Способы распределения данных по узлам компьютерной сети можно классифицировать по разным признакам. Основными из них выступают наличие дублирования информации и количество узлов, содержащих копии данных. В соответствии с указанными классификационными признаками обычно выделяют такие альтернативные стратегии распределения:

- 1) *централизация* (единственная копия БД, расположенная в одном узле);
- 2) *расчленение* (единственная копия БД, непересекающиеся фрагменты которой распределены по нескольким узлам);
- 3) *дублирование* (несколько копий БД, в каждом узле располагается полная копия всей базы);
- 4) *смешанная* (несколько копий БД, в каждом узле располагается произвольный фрагмент базы).

Разделение стратегий по предпочтительности их использования в общем случае не представляется возможным. Нахождение условий, в которых та или иная стратегия является наиболее подходящей, рационально после установления преимуществ и недостатков каждой из них. Первоочередные проблемы, связанные с распределением данных в сети, должны быть разрешены на стадии проектирования РБД. Эта стадия имеет много важных особенностей по сравнению с проектированием локальных БД. С целью улучшения производительности и надежности ИС в распределенной информационной системе логически целостная БД может быть *фрагментирована и широко распределена по сети*. Фрагментация и распределение данных без централизованного планирования часто являются причиной несогласованного использования данных. Поэтому последовательность этапов проектирования РБД должна учитывать этот факт.

### 6.5. Понятие GRID-технологий

В последние годы в сфере обработки потоков различной информации сформировался новый подход к созданию мощных вычислительных систем в виде Среды Распределенных Вычислений (СРВ, в англоязычной литературе принят термин GRID). При этом важнейшая роль в концепции СРВ отводится системному программному обеспечению (ПО).

#### Основные понятия GRID

Концепция GRID (название по аналогии с электрическими сетями – *electric power grid*) предполагает создание компьютерной инфраструктуры нового типа, обеспечивающей *глобальную интеграцию информационных и вычислительных ресурсов* на основе управляющего и оптимизирующего программного обеспечения (middleware) нового поколения. GRID является географически распределенной инфраструктурой, объединяющей множество ресурсов разных типов (процессоры, долговременная и оперативная память, хранилища и базы данных, сети), доступ к которым пользователь может получить из любой точки, независимо от места их расположения. Сетевой ресурс является связующим звеном между распределенными ресурсами GRID-системы. Основной характеристикой сетевого ресурса является скорость передачи данных.

Также как и электрические сети, GRID – это соединение *технологии, инфраструктуры и стандартов*.

*Технология* – это специальное программное обеспечение, которое позволяет организациям или частным лицам предоставлять ресурсы (компьютеры, хранилища данных, сети и другие) в общее пользование, а потребителям – использовать их, когда необходимо.

*Инфраструктура* состоит из аппаратных средств и служб (на основе людских и программных ресурсов), которые должны быть организованы, и постоянно поддерживаться для того, чтобы ресурсы могли совместно использоваться.

*Стандарты* должны определять формат и протоколы обмена сообщениями, как между службами, так и между службами и пользователями, а также правила работы GRIDa.

Поскольку GRID-инфраструктура основана на предоставлении ресурсов в общее пользование, с одной стороны, и на использовании публично доступных ресурсов, с другой, одним из ее ключевых понятий является *виртуальная организация* (ВО) – сообщество людей, которые совместно используют GRID-ресурсы в соответствии с согласованными между ними и собственниками ресурсов правилами.

В существующих GRID-системах виртуальные организации образуют специалисты из некоторой прикладной области, которые объединяются для достижения общей цели.

### **Общие задачи GRID**

Основными общими задачами GRID обычно являются:

1) создание из серийно выпускаемого оборудования широко-масштабных распределенных вычислительных систем и систем обработки, комплексного анализа и мониторинга данных, источники которых также могут быть (глобально) распределены;

2) повышение эффективности вычислительной техники путем предоставления в GRID временно простаивающих ресурсов.

Приоритет той или иной общей задачи, которая решается с помощью GRID, определяется типом GRID и характером прикладных областей, в которых он используется.

## Типы GRID-систем с точки зрения решаемых задач

В настоящее время можно говорить о трех основных направлениях развития GRID-технологии:

В настоящее время существует три типа GRID:

1) *вычислительные* GRID (Computational GRID) – ориентированы на то, чтобы объединять вычислительную мощность для ресурсоемких вычислительных проектов;

2) *информационные* GRID (GRID для интенсивной обработки данных – Data GRID) – обеспечивают вычислительные ресурсы, для анализа крупномасштабных баз данных коллективного пользования;

3) *коллаборационные* GRID (иногда применяют термин семантический GRID Semantic GRID) нацелены на работу с большими сложными группами взаимодействующих пользователей (применяют, например, для совместного моделирования и проектирования). Сюда можно отнести и технологию так называемых "виртуальных организаций".

Grid-технология не является технологией параллельных вычислений, она предназначена для удаленного запуска отдельных задач на территориально распределенные ресурсы.

## Уровни Grid-систем по их топологии

По своей структуре GRID-системы обычно состоят из трех составляющих:

1) *распределенные ресурсы* для выполнения производительных вычислений,

2) *распределенные системы* сохранения данных;

3) *системы обеспечения* распределения нагрузки на каналы связи.

Определяют несколько уровней GRID-систем по их топологии.

Самой низкой уровень – это Intragrid (внутренние GRID – создается для отдельных организаций).

Другим примером определения масштаба GRID-систем по их топологии является Extragrid (внешний GRID – создается для ряда организаций, разных регионов, страны).

Наивысшей за уровень масштаба размера GRID-систем есть **Intergrid** – создается для международного сотрудничества.

Глобальные GRID размещаются в Интернете, они предоставляют отдельным пользователям или организациям мощность GRID независимо от того, где в мире эти пользователи находятся. Иначе их называют Интернет-компьютингом. Часто их разделяют на волонтерские и неволонтерские GRID. Для распределенного компьютеринга волонтерские Grid позволяют пользователям Интернета предоставить свои неиспользуемые компьютерные ресурсы для коллективного, некоммерческого выполнения сложных научных задач, которые требуют большое количество вычислительных мощностей. Потребление предоставленных ресурсов строго ограничивается списком контролируемых организаций и приложений. Неволонтерские GRID содержат только те машины, которые им определены заранее.

Национальные GRID обладают компьютерными ресурсами, которые доступны в границах соответствующего государства. К национальным GRID имеют доступ только организации национального значения, они обычно поддерживаются правительственными фондами.

Проектные GRID часто называют предпринимательскими или партнерскими. По своей структуре они подобны национальным GRID, но по отношению к объединению ресурсов они не ограничиваются ресурсами одного государства, а объединяют много географических и административных областей. Такие GRID доступны только для зарегистрированных членов и сотрудничающих организаций, проверку корректности доступа осуществляет специальная административная власть.

Организационная структура персональных GRID часто (обычно) является очень ограниченной. Доступ к ним разрешен на персональном уровне собственникам и ряду друзей собственников. Персональные Grid находятся пока на начальной стадии своего развития.

Применение беспроводных GRID позволяет расширить номенклатуру GRID-ресурсов посредством включения беспроводных устройств разных размеров и свойств, например, датчиков, мобильных телефонов, ноутбуков, специальных инструментов и сетевых интерфейсных устройств. Мобильные GRID дают доступ к GRID-службам через мобильные устройства типа PDA и смартфоны. Такие устройства часто считаются в самом лучшем случае маргинально пригодными для GRID-компьютинга, поскольку у них, как правило, недостаточные ресурсы: вычислительной мощности, постоянной

долговременной памяти, памяти времени исполнения, времени жизни батареи, размера экрана, коммуникабельности и полосы пропускания. Нельзя игнорировать миллионы ежегодно продаваемых мобильных устройств; непосредственную вычислительную мощь некоторых этих устройств трудно назвать незначительной, и не надо забывать их мобильность. В чрезвычайных ситуациях, таких, как естественные катастрофы и активные военные операции, беспроводные мобильные устройства могут оказаться единственным доступным средством коммуникации и вычислительного обслуживания.

Как и в случае беспроводных устройств, в настоящее время существуют два подхода для интеграции мобильных устройств в GRID-системы. При первом подходе GRID содержит, по крайней мере, один мобильный узел, который активно предоставляет свои вычислительные сервисы и сервисы данных. В другом подходе мобильные устройства служат интерфейсом к стационарному GRID, посредством которого отправляются запросы и принимаются результаты. Такой метод интеграции часто называют мобильным доступом к GRID-инфраструктуре, или просто GRID мобильного доступа.

## **6.6. Понятие геоинформационных систем (ГИС)**

Современные тенденции развития систем управления тесно связаны с переходом к цифровым технологиям, которые обеспечивают возможность создания интегрированных систем. Быстрое развитие различной вычислительной техники и телекоммуникаций, систем спутниковой навигации, цифровой картографии создало в последние годы объективные условия для широкого применения и развития качественно новой области знаний и технических реализаций – геоинформатики. Она возникла на стыке географии, геодезии, топологии, обработки данных, информатики, инженерии, экологии, экономики, бизнеса, других дисциплин и областей человеческой деятельности. Наиболее важными практическими приложениями геоинформатики как науки, реализованными в последнее время, являются геоинформационные системы (ГИС) и созданные на их основе *геоинформационные технологии* (ГИС-технологии). Первоначально технология ГИС относилась к числу компьютерных методов создания и

анализа цифровых карт и привязанной к ним тематической информации для управления муниципальными объектами.

Географическая информационная система (геоинформационная система, – ГИС) – это информационная система, которая обеспечивает сбор, хранение, обработку, анализ и отображение пространственных данных (и связанных с ними непространственных), получение на их основе информации и знаний о географическом пространстве.

Применение ГИС дает возможность получить важный конечный результат и в наглядной форме отразить состояние и поведение объектов управления, представляя обрабатываемую информацию и средства ее обработки в понятной естественной форме – в виде карт и схем. При этом всегда существует возможность выполнять пространственную выборку объектов и применять оригинальные методы анализа. Технологии ГИС дают возможность в удобном виде представлять пространственное распределение объектов инфраструктуры или ситуацию на местности в различных масштабах, в дву- или трехмерном представлении, максимально приближенном к реальному миру.

Создание и использование ГИС предполагает тесное взаимодействие с другими автоматизированными геопространственными системами и банками (базами) данных, которые содержат картографическую и тематическую информацию в аналоговом или цифровом виде.

Обычно структурно ГИС состоит из: технических и программных средств, базы данных, каналов информационного обмена и специалистов, обеспечивающих получение, обработку, хранение, распространение и совершенствование пользования геопространственными данными.

В настоящее время ГИС-технологии различного уровня (масштаба) очень широко применяются в различных сферах и направлениях человеческой деятельности, в том числе:

- кадастр (земельный, водный, лесной, недвижимость и т. д.);
- градостроительство и муниципальное управление;
- проектирование, строительство, эксплуатация объектов;
- геологические исследования и эксплуатация различных месторождений;
- сельское, лесное и водное хозяйство;

- изучение и прогноз погоды;
- природопользование и экологический мониторинг;
- торговля и маркетинг;
- бизнес, управление финансами и банковское дело;
- планирование и прогнозирование;
- оборона, безопасность и чрезвычайные ситуации;
- политика и управление государством;
- наука и образование.

Наиболее важным при создании и дальнейшем функционировании ГИС любого уровня и назначения занимает информационное обеспечение, а именно: базы картографической и тематической геопространственной информации, принятая система классификации и кодирования данных, комплекс организационных вопросов (юридических, правовых и финансовых), которые связаны с обменом и выдачей информации различным пользователям ГИС. При создании ГИС на основе современных геоинформационных технологий обязательно нужно сформировать комплекс взаимосвязанных информационных потоков (ресурсов) по территории обслуживания ГИС, то есть создать распределенную базу данных ГИС.

Понятие распределенной базы данных предполагает раздельное хранение геопространственных данных о местности и Земле в целом, которые, в зависимости от тематической направленности, хранятся в различных министерствах и ведомствах, государственных центрах и других организациях, включая геоинформационные системы различного уровня и назначения. При этом обязательным является то, что в техническом, программном и информационном плане эти данные должны быть объединены по единым правилам, что обеспечивается только в условиях единой геоинформационной политики.

При построении объединенной распределенной базы данных ГИС любого уровня и назначения нужно включить в нее:

- картографическую базу данных;
- тематическую базу данных;
- базу метаданных.

Картографическая база данных, обычно должна включать в себя:

- цифровые топографические карты и планы разных масштабов;
- аэрокосмические данные в аналоговом или цифровом виде;

- справочные графические материалы: атласы, дежурные карты об изменениях на местности, схемы и т. д.

В состав тематической базы данных должны входить:

- цифровые тематические карты по профилю функционирования ГИС;

- справочные данные тематического характера в цифровом и аналоговом виде.

В состав базы метаданных (атрибутивная база) должны входить сведения об объектах местности и геопространственные данные о Земле в целом или на интересующий район.

Для обеспечения оперативной выдачи информации (по запросу пользователя) любая распределенная база данных ГИС содержит оперативную базу данных, которая обязательно должна быть объединена в техническом и информационном плане с Государственной распределенной базой геопространственных данных (ГосБГД), единым банком цифровых данных о местности и базами данных других ГИС.

Структура распределенной базы данных ГИС кроме специализированных баз данных (картографической, тематической и базы метаданных) содержит оперативную базу данных, а также каналы связи для информационного обмена с другими ГИС и вычислительными комплексами, имеющими геопространственную информацию.

### **Обобщенные функции ГИС-систем**

С помощью большей части ГИС выполняется комплексная обработка информации. Обычно используются следующие функции:

- 1) ввод и редактирование данных;
- 2) поддержка моделей пространственных данных;
- 3) хранение информации;
- 4) преобразование систем координат и трансформация картографических проекций;
- 5) векторно-растровые операции;
- 6) измерения;
- 7) полигональные операции;
- 8) пространственный анализ;
- 9) пространственное моделирование;
- 10) цифровое моделирование рельефа и анализ поверхностей;
- 11) вывод результатов в разных формах.

## Классификация ГИС

ГИС системы разрабатываются для различных целей для решения научных и прикладных задач по мониторингу экологических ситуаций, рациональному использованию природных ресурсов, для инфраструктурного проектирования, регионального планирования, для принятия оперативных мер в условиях чрезвычайных ситуаций др.

В настоящее время множество различных ГИС могут классифицироваться по следующим признакам:

*По функциональным возможностям:*

- полнофункциональные ГИС общего назначения;
- специализированные ГИС, которые ориентированы на решение конкретной задачи в какой либо предметной области;
- информационно-справочные системы для домашнего и информационно-справочного пользования.

Функциональные возможности ГИС определяются и архитектурой их построения:

1) закрытые системы – они способны выполнять только тот набор функций, который определен на момент покупки;

2) открытые системы – имеют возможностями расширения пользователем при помощи специального аппарата (встроенных языков программирования).

*По пространственному (территориальному) охвату:*

- глобальные (планетарные);
- общенациональные;
- региональные;
- локальные (включая муниципальные).

*По проблемно-тематической ориентации:*

- общегеографические;
- экологические и природопользовательские;
- отраслевые (водных ресурсов, лесопользования, геологические, туризма и т. д.);

*По способу организации географических данных:*

- векторные;
- растровые;
- векторно-растровые ГИС.

## Источники данных и их типы

- картографические материалы (топографические и общегеографические карты, карты административно-территориального деления, кадастровые планы и др.);
- данные дистанционного зондирования (прежде всего, получаемые с космических носителей, аэро- и наземные съемки);
- данные полевых изысканий территорий (включают данные топографических, инженерно-геодезических изысканий, кадастровой съемки, геодезические измерения объектов);
- статистические данные (данные государственных статистических служб);
- литературные данные.

Использование в ГИС современных технологий СУБД и Интернет/Интранет дает возможность быстрого обновления, экспортирование и распространение географических данных пользователям.

## 6.7. Примеры практических заданий

1. Кратко опишите, почему повышение роли информации и информационных технологий – важный фактор развития общества на современном этапе.

2. Покажите с помощью программы MATLAB, какой вид будут иметь сигналы при выполнении оцифровки (в набор 16 четырехбитовых двоичных чисел) аналогового косинусоидального сигнала с помощью аналого-цифрового преобразователя, если весь диапазон аналогового сигнала разделен на 16 уровней (на 16 квантов). Определите скорость потока отсчетов [или битрейт (англ. *bit rate*)], то есть количество обрабатываемых бит информации за секунду времени

3. Покажите с помощью программы MATLAB, как осуществлена оцифровка одного из звуковых сигналов, представленного в Windows несжатым WAV-файлом (формата PCM). Определите скорость потока отсчетов, то есть количество обрабатываемых бит информации за секунду времени или битрейт. Рассчитайте размер памяти, требуемый для хранения такого файла раз

4. Покажите с помощью программы MATLAB, как меняется вид изображения при осуществлении компрессии (сжатии файла) изображения отпечатка пальца, полученного в результате сканирования и,

соответственно, представленного графическим файлом большой размерности (требуется объем памяти примерно 800 кбайт). Рассчитайте, размер памяти, требуемый для хранения сжатого файла.

5. Кратко опишите, что используют для уменьшения и устранения ошибок, возникающих в каналах передачи информации.

### **Контрольные вопросы**

1. Поясните понятия: информационные технологии; информационная система; информационные процессы (ИП); технические средства обработки и передачи информации в информационных системах.

2. Поясните понятия: распределенная информационная система (база); информационные сети (ИС).

3. Тенденции развития как средств обработки и распределения информации, так и ИС в целом в настоящее время характеризуются с двух сторон. Назовите и поясните.

4. Что такое современная информационная сеть?

5. Поясните понятия: физическая, логическая, информационная и маршрутная структуры, а также понятие архитектуры ИС.

6. Поясните как классифицируют компьютерные сети.

7. Поясните понятия: базы данных и технология хранилищ (складов) данных. Назовите их достоинства.

8. Поясните понятие: передача данных.

9. Назовите и поясните основные типы передачи данных.

10. Назовите и поясните основные типы каналов связи.

11. Назовите и поясните основные простейшие виды компьютерных сетей.

12. Поясните понятие: беспроводные технологии.

13. Поясните понятия: распределенная информационная система (база) и информационные сети (ИС).

14. Что такое GRID?

15. Поясните основные виды GRID и их назначение.

16. Назовите и поясните современные инструменты анализа и методы обработки и анализа информационных потоков.

17. Поясните понятие – информационная технология.

18. Поясните тенденции развития информационных систем.

19. Поясните понятие – техническое обеспечение информационных систем.

20. Приведите и поясните пример классификации информационных систем.

## **7. Естественнонаучные представления, лежащие в основе применения достижений химии и биологии в производстве и быту. Природа и экология**

### **7.1. Живая природа (материя)**

В окружающем нас мире известны две формы материи – неживая и живая. Живая материя, как и вся материя во Вселенной, состоит из атомов и молекул, для которых в современном естествознании уже известны определенные законы поведения (включая квантово-молекулярный уровень). Поэтому при научном познании живой природы является вполне возможным применение известных физических представлений и моделей для изучения развития природы и закономерностей процессов, проходящих в живых организмах. Известный физико-химик и биофизик Волькенштейн М. В. по этому поводу писал: "В биологии, как в науке о живом, возможны два пути: либо признать невозможным объяснение жизни на основе физики и химии, либо такое объяснение возможно и его надо найти, в том числе на основе общих закономерностей, характеризующих строение и природу материи, вещества и поля".

Современное естествознание исходит из того, что живой и неживой природой, вероятно, управляют одни законы, однако механизм их проявления разный, что подтверждается наукой о неравновесных системах и самоорганизации синергетикой.

Под живой материей в современном естествознании принято понимать достаточно сложный молекулярный организм, способный размножаться и подвергающийся в процессе эволюции мутации. Мутация – это возникающее естественно или вызываемое искусственно изменение наследственных свойств организма в результате перестроек и нарушений в генетическом материале организма – хромосомах и генах.

По современным представлениям живая материя образовалась из неживой около 3,5 млрд лет назад. Установлено, что возраст Земли составляет около 5 млрд лет. Признаки наличия первых живых организмов обнаружены в породах докембрийского периода. Возраст живой материи (жизнь) сравнима с возрастом Земли. Из этого следует, что само происхождение живой материи на нашей планете тесно связано с определенными химическими процессами и реакциями на поверхности Земли. Одним из основоположников теории возникновения живой материи на Земле был академик Опарин А. И. Согласно его теории электромагнитное излучение Солнца и электрических разрядов в атмосфере были энергетической основой абиогенного происхождения живой материи. Под их воздействие протекал процесс образования биологических молекул: полисахаридов, аминокислот, нуклеотидов, белковых комплексов, а впоследствии и клеток, которые являются основой живой структуры. В настоящее время живая материя обнаружена лишь на Земле в тонком приповерхностном слое – биосфере.

### **Признаки живой материи**

Живая материя, возникшая из неживой, сохраняет в себе свойства последней. Оба вида материи *устроены из одних и тех же молекул или атомов*. Вместе с тем живая материя имеет ряд признаков, которые позволяют отличить ее от неживой:

1) живая материя (организмы) обменивается веществом, энергией и информацией с окружающей средой, она обладает способностью ассимиляции получения вещества извне, преобразовывать его в ткани своего объема;

2) строение и системная организация у живой материи существенно выше, чем у неживой;

3) живая материя (организмы) способна формировать порядок из хаоса начиная с молекулярного уровня и противодействовать тем самым возрастанию энтропии;

4) живая материя способна реагировать на внешние раздражители, она обладает свойством активности и движения при взаимодействии с окружающей средой;

5) живая материя обладает свойством самоорганизации, ей присущи постоянное развитие, изменение и усложнение;

6) способность размножаться, то есть воспроизводство. Этот процесс протекает в избыточных количествах и это содействует естественному отбору;

7) наследственные признаки живых организмов обуславливается генетическим аппаратом, а изменчивость – условиями в окружающей среде и откликом организмов на них;

8) высшие формы живой материи обладают разумом. Это дает возможность изучать, анализировать и познавать окружающий мир и себя.

Эти признаки отличают живую материю от неживой, поскольку они в совокупности присущи только живому.

### **Клетка как элементарная единица живого**

Живая материя состоит и размножается из отдельных клеток, которые принято рассматривать как мельчайшую единицу живой материи. Клетке присущи все признаки живого. В каждой клетке содержится вся генетическая информация, необходимая для воспроизведения всего организма, она является носителем жизни. Развитие любой клетки организма подчинено развитию организма в целом. Клетка обладает всеми признаками живого: передача наследственных признаков, обмен веществ, раздражимость, самоорганизация и саморегуляция. В ее состав входит большое число согласованно и точно функционирующих органоидов, она представляет сложную самоорганизующуюся биохимическую "лабораторию". Самостоятельно существовать в природе способны отдельные клетки, которые представляют одноклеточный организм. Отдельные клетки из многоклеточного организма в открытой среде не обладают способностью самостоятельного существования.

Основу клетки составляют биополимеры, обеспечивающие важнейшие функции в общей системе согласованных автокаталитических циклов, составляющих основу жизни любых биологических систем.

Главной функцией клетки является ее размножение посредством деления. В процессе роста клетки происходит построение копий элементов ее составляющих. В каждом организме в течение всей жизни происходит постоянное (непрерывное) образование новых клеток и

замена ими старых. Установлено, что среднее время жизни клеток человека – 20 – 50 часов. В человеческом организме в течение суток погибает приблизительно 70 млрд клеток кишечного эпителия и около 2 млрд эритроцитов, они постоянно заменяются новыми. В крови человека полная замена клеток происходит в течение 115 – 120 суток. Некоторые клетки, например, нейроны (их называют нервными клетками) не восстанавливаются, но непрерывно перестраиваются в процессе жизни человека. Различные живые системы состоят из различного количества клеток. Например, у примитивных беспозвоночных оно может быть  $10^2$  –  $10^4$ , у высокоорганизованных организмов –  $10^{15}$  –  $10^{17}$ . Масса клетки бывает  $10^{-8}$  –  $10^{-9}$  г., а типичный диаметр соматической клетки живого организма составляет 10 – 20 мкм и 30 – 50 мкм у растительной.

Связь физических полей различной природы и живых организмов представляет большой интерес. Это обусловлено с раскрытием физической сущности живой материи и взаимодействием полей живых организмов с полями окружающего мира, которые обусловлены, в основном, образом гелио- и геофизическими факторами. Эти взаимодействия поставляют живой материи в процессе ее жизнедеятельности необходимое ей количество информации. Функционирование всех систем живого организма динамично отображается в многообразии различных физических полей и излучений, которые идут из него, которые. Они, в свою очередь, зависят от различных изменений естественных фоновых полей и излучений, которые окружают живую материю. Исследование и идентификация различных полей и излучений, к примеру, организма человека, в настоящее время широко используется, например, в медицине с целью выяснения динамики разных физиологических процессов и нахождения "неполадок" в функционировании органов. По этой причине физические поля и излучения живой материи (организма) выступают неким своеобразным "табло" физиологических процессов в ней. Установлено, к примеру, что человеческий организм обладает способностью продуцировать электромагнитные поля и излучения, излучения сверхвысокой частоты и инфракрасное излучение и т. д. Обычно говорят, что, по сути, живой организм окружен неким биополем. Под этим термином обычно понимают совокупность физических полей, которая характерна ему.

В настоящее время считается, что для живой материи (организмов) основными видами излучения являются электромагнитные поля и излучения. Почти все носители информации, воспринимаемые нашими органами чувств, имеют электромагнитную природу. Электромагнитные взаимодействия обуславливают связи между молекулами разных веществ, для атомов характеризуют их структуру и поведение, тем самым определяя химические и биологические явления в природе. На любом уровне организации живой материи эти взаимодействия выступают неотъемлемым атрибутом ее существования. Живые организмы находятся в многообразии всевозможных физических полей – как внутренних, которые вырабатывается самими организмами, так и внешних [10].

### **Связь живой и неживой материи**

Современная наука утверждает, что живая материя возникла из неживой. Впоследствии они существовали и развивались совместно.

Живая материя черпает вещество, энергию и информацию из неживой. Изменение космической радиации, солнечной активности, температуры поверхности и атмосферы Земли и другие факторы влияют на живую материю на планете. Живая материя в свою очередь воздействует на неживую. Например, биологические организмы могут существенно влиять на состав грунта, обогащая его. Растительность насыщает воздух кислородом. Живые организмы очищают гидросферу и т. д. Для обоих типов материи в природе характерны большое разнообразие, целостность и взаимодействие.

*Способ существования живой и неживой материи – движение в пространстве и во времени.*

Обоим видам материи свойственны как *самоорганизация* (то есть процесс превращения простого в сложное), так и *деградация* (обратный процесс). Благодаря балансу между процессами самоорганизации и деградации возникла и эволюционирует Вселенная и жизнь в ней. В основе всех процессов в неживой природе лежат законы естествознания, точнее физики и химии. Процессы, протекающие в живой природе, также подчиняются этим законам. Справедливость этого утверждения проверена всем опытом научной деятельности челове-

чества. На сегодня не ясно, следуют ли законы живой природы из законов физики и химии, сводятся ли они к ним?

### **Структурные уровни организации живой материи**

Во всем многообразии живой природой представлен биологический уровень организации материи. Живую природу изучает в основном биология. В современном естествознании основным положением считается, что жизнь является особой формой существования материального мира. В современной биологии в обсуждении вопроса о сущности живой материи часто используют простое перечисление главных свойств живых организмов. Чаще всего утверждается, что представление о специфике жизни может дать только совокупность этих свойств. Но строгое научное размежевание живого и неживого наталкивается на ряд трудностей. Науке известно, что в природе существуют так называемые переходные формы от неживого к живому. Живые организмы, за исключением вирусов и фагов, состоят из клеток. По этому признаку организмы делятся на доклеточные и клеточные. Вирусы, как доклеточные формы живой материи, занимают промежуточное положение между живым и неживым. Они совмещают в себе свойства живого и неживого. В природе вирусы имеются в форме варионов (покоящийся, внеклеточный вирус, который ведет себя как неживое вещество) и репродуцирующегося внутриклеточного вируса, который проявляет себя как живое вещество. В состав вирусов входят белковые молекулы и нуклеиновые кислоты. Вирусы не имеют собственного обмена веществ и очень сильно отличаются от других форм жизни.

Клеточные живые организмы бывают одноклеточными и многоклеточными. Одноклеточные организмы, среди которых бактерии, простейшие, некоторые водоросли и грибы, состоят из одной клетки. Эти организмы подразделяются на прокариотов (их клетка не содержит ядра) и эукариотов (их клетка содержит ядро). Многоклеточные организмы состоят из огромного количества клеток. К примеру, человеческий организм состоит примерно из  $10^{14}$  клеток. В многоклеточном организме клетки выполняют разные специализированные и общие функции. Функции и свойства многоклеточных живых организмов не сводятся только к функциям отдельных клеток (или их суммы), они намного более многообразны. В современной наука о клеточном

строении материи – цитологии – клетку характеризуют как очень сложноорганизованную биологическую систему. В состав клетки входит оболочка, заполненная протоплазмой. В ней располагаются выполняющие predetermined специализированные функции органоиды (обмен веществ, дыхание, синтез белка и другие) и нуклеотид (или ядро) с генетическим аппаратом.

Для определения понятия жизни необходимо зафиксировать все эти функциональные признаки. Жизнь очень многообразна, сложна, многокомпонентна и многофункциональна. Ее нельзя определять по какому-либо одному критерию или наиболее значимому признаку. По этой причине в настоящее время в науке нет довольно ясного определения жизни. Разно- и многоплановость понимания понятия жизни поясняется многогранностью подходов к ее определению в научной среде. Наиболее подходящим и часто употребляемым есть такое определение: *жизнь* представляет собой высшую форму движения материи в природе, которая характеризуется саморегуляцией, самообновлением и самовоспроизведением многообразных открытых систем разных уровней, вещественной основой которых являются белки, нуклеиновые кислоты и фосфоорганические соединения.

Все материальные объекты в живой природе выступают системами, важной особенностью которых является строгая иерархия в соподчинении входящих в них элементов. На основе такого подхода представляют *биологическую концепцию структурных уровней* организации жизни. Согласно ей, все системы живой материи подразделяются на такие уровни (в биологии их называют классическими уровнями):

- 1) молекулярно-генетический (физико-химические процессы, которые протекают в живых организмах: обмен вещества и энергии);
- 2) онтогенетический (изучаются живые системы на уровне клеток, тканей, органов, систем органов и организма);
- 3) популяционно-видовой (изучаются процессы микроэволюции);
- 4) биоценотический (экологические процессы экосистем);
- 5) биосферный (изучаются вопросы биосферы, глобальной экологии, техносферы). Существуют и ряд других разных градаций структурных уровней организации живой материи.

Понимание жизни в современном естествознании не исключает ее существования в других местах (на других планетах) во Вселенной.

Часто к уровням организации живой материи относят следующие [19]: 1) молекулярный; 2) клеточный; 3) организменный; 4) популяционно-видовой; 5) общество людей.

1. *Молекулярный уровень.* В молекуле содержится от 2 до  $\sim 10^5$  атомов. К самым крупным относятся биологические молекулы – структурная основа живых организмов, размер которых в десятки – миллионы раз больше размеров отдельного атома. На молекулярном уровне живая материя исследуется физико-химической биологией.

2. *Клеточный уровень.* Клетка представляет элементарную живую систему, основу строения и жизнедеятельности животных и растений. Размер клетки – от  $10^{-7}$  до 0,1 м. К наименьшим клеткам относятся бактерии, к наибольшим – яйцо (например, яйцо страуса имеет длину около 16 см). На клеточном уровне живую материю изучает дисциплина, называемая *цитологией*.

3. *Организменный уровень.* Организм состоит из большого числа клеток (например, в человеке содержится около  $2 - 10^{12}$  клеток). На таком уровне живую природу изучает *эмбриология, анатомия, физиология и другие* дисциплины.

4. *Популяционно-видовой уровень.* При таком подходе изучаются закономерности поведения данной популяции и ее взаимодействие с окружающим миром. На этом уровне живая природа изучается такими дисциплинами, как биogeография, экология и т. п.

5. *Общество людей.* Человекоподобное существо (австралопитек) появилось на Земле в результате эволюции живой материи около 5 млн лет назад, люди современного вида (кроманьонцы) – 40 тыс. лет назад.

## 7.2. Происхождение и сущность жизни

Вопрос о происхождении жизни на нашей планете является одной из важнейших проблем нашего знания и естествознания в частности. В результате многовековых исследований в обществе возникли различные концепции возникновения жизни:

- 1) в *креационизме* полагают, что жизнь сотворена Богом;
- 2) концепция *самопроизвольного зарождения* из неживой материи;
- 3) в концепции *стационарного состояния* полагается, что жизнь существовала всегда;

4) в концепции *панспермии* полагается, что жизнь занесена из Космоса;

5) концепция исторического происхождения жизни в процессе биохимической эволюции.

Споры о сущности жизни продолжаются и в наше время: является ли жизнь просто чрезвычайно упорядоченным состоянием атомов и молекул, из которых состоит "живая материя", или же в природе есть еще не выявленные элементарные "частицы жизни", которые переводят обычные вещества (химические и физические) в живое состояние. Достаточных доказательств и аргументов, подтверждающих справедливость одной или другой точек зрения, не существует. В современной науке наибольшее доказательство имеет последняя гипотеза – гипотеза исторического происхождения жизни в процессе биохимической эволюции. Она предложена биохимиком академиком А. Опариным (1923 г.) и английским физиологом С. Холдейном (1929 г.).

Согласно гипотезе А. Опарина современной науке, жизнь возникла из неживого вещества в процессе длительной эволюции материи в результате естественных процессов, происходивших во Вселенной. Жизнь является свойством материи, появившимся на нашей планете в определенный момент ее исторического развития. Она представляет результат процессов, которые сначала протекали много миллиардов лет во Вселенной, а впоследствии в течение сотен миллионов лет на Земле.

В современном естествознании полагают, что наиболее разумно следует рассматривать жизнь *как особую форму движения материи, которая закономерно возникла на определенном этапе ее развития.* В возникновении жизни не было абсолютной случайности, в ней присутствовал элемент случайности. Этот процесс в своей основе был закономерным, необходимым. В науке полагают, что жизнь появилась в период, когда после одной из многих точек бифуркации химическая эволюция вызвала появление живого организма и привела к началу биологической эволюции. Академик В. Вернадский возникновение жизни на Земле обосновывал мощнейшим скачком, который прервал безжизненную эволюцию земной коры. Эта бифуркация привнесла в процесс эволюции огромное число противоречий, которые и привели к созданию условий для зарождения жизни.

В естествознании показано, что любая нелинейная самоорганизующаяся система, являющаяся открытой, всегда подвержена

колебаниям. Такая система в процессе колебаний проходит развитие и движется к относительно устойчивым структурам, что обуславливается постоянным обменом системы веществом и энергией с окружающей природой. Из состояния динамического равновесия такую систему способны вывести аномальные изменения в среде и тогда она станет неравновесной. Система может переходить в состояние хаоса при достижении ее параметров некоторых (определенных) критических значений. Точкой бифуркации в науке называют состояние с максимальной хаотичностью неравновесного процесса.

*Точки бифуркации* – критическое состояние системы, в котором она становится неустойчивой по отношению к флуктуациям и возникает неопределенность: станет ли состояние системы хаотическим или она перейдет на новый, более высокий и дифференцированный уровень упорядоченности. Это термин из теории самоорганизации. Для синергетики важными являются неустойчивые состояния. Их появление формирует потенциальную возможность перехода системы в качественно новое состояние. Оно будет характеризоваться новым режимом ее функционирования и новыми параметрами. В точках бифуркаций важное значение имеют случайные колебания (флуктуации). По этой причине для естествознания наиболее перспективным направлением считается исследование зарождения жизни на нашей планете из неживой материи в результате процессов самоорганизации.

Гипотеза происхождения жизни Опарина А. И. стала первой научной концепцией, в которой на основе экспериментов была доказана возможность естественного возникновения простейших живых организмов из неорганических веществ. В период, когда Земля была безжизненной (в начале своего существования), на ней происходили процессы абиотического синтеза углеродных соединений и впоследствии их предбиологическая эволюция. За ней происходило постепенное усложнение таких соединений, из них формировались индивидуальные обособленные системы, которые затем превращались в протобионты, и далее в первичные живые вещества.

На происхождение жизни на нашей планете существенную роль сыграли определенных химические процессы и реакции на поверхности Земли. Геологическая эволюция тесно связана с Земли с начальным этапом появления жизни. В начале своей истории Земля была очень горячей  $((4 - 8) \times 10^3 \text{ }^\circ\text{C})$ . В процессе длительного остывания в

результате вращения атомы тяжелых элементов перемещались к центру. Вблизи поверхности Земли концентрировались атомы легких элементов – водород, азот, углерод, кислород. Впоследствии в процессе охлаждения Земли зародились химические соединения: вода, аммиак, метан, двуокись углерода, молекулярный водород, азот. В этот период в атмосфере существовали только следы свободного кислорода. Она была насыщена инертными газами: гелием, аргоном, неоном. Важнейшие физические и химические свойства воды, такие как вязкость, адгезия, когезия, высокая теплоемкость, полярность, свойства хорошего растворителя и другие, а также углерода (его основные свойства – способность образовывать линейные соединения, трудность образования оксидов, способность к восстановлению, ковалентная связь) определили важнейшую их роль в возникновении жизни на планете.

Опарин А. И. рассматривал возникновение жизни на планете как естественный процесс. Согласно его теории он состоял из начальной химической эволюции, которая проходила на ранних этапах развития Земли, и затем этот процесс постепенно перешел на качественно новый уровень, который называют биохимической эволюцией. Геологическая эволюция Земли была неразрывно связана с этим процессом и с самого начала оказывала существенное влияние на его ход. В своей теории Опарин А. И. выдвинул предположение и затем доказал экспериментально, что в результате действия электрических разрядов, тепловой энергии, флуктуаций давления и влажности, ультрафиолетового излучения в смесях газов, которые содержали пары воды, аммиака, цианистого водорода, метана и других, появлялись аминокислоты, нуклеотиды, полипептиды и ряд других веществ, присущие живым организмам. Протекание химических реакций между органическими соединениями обеспечивалось энергией посредством ультрафиолетового излучения. В этот период среди множества химических реакций (в их хаосе) самопроизвольно начинались и фиксировались реакции циклических типов, которые обладали способностью к *самоподдержанию*. В результате таких реакций появлялись пространственно обособившиеся целостные системы, которые в науке называют *коацерватами*. Одной из главных и существенной особенностью была их способность поглощать различные органические вещества из внешней среды. Эта особенность позволяла вести первичный обмен веществ с внешней средой. Наиболее устойчивые коацерватные

системы сохранялись в процессе естественного отбора. Предложенная Опариным А. И. система, являла открытую химическую микроструктуру. Она уже обладала способностью к обмену веществ, но в тоже время у нее еще не было системы для передачи генетической информации на основе функционирования нуклеиновых кислот. Процесс естественного отбора обусловил возникновение важнейших свойств жизни, которые отличают ее от предшествующего этапа развития. Возникают целостные многомолекулярные системы. Они часто обособлены от окружающей среды определенной границей раздела, но при этом сохраняют со средой взаимодействие по типу открытых систем. Только подобные системы в процессе своего роста и развития, потребляющие различные вещества и энергию из внешней среды, смогли противостоять росту энтропии и содействовать ее уменьшению. А это свойство является характерным признаком всех живых существ.

*В процессе естественного отбора сохранялись* такие целостные системы, которые имели более совершенную функцию обмена веществ. Она способствовала оптимальному росту системы и ее динамической устойчивости в конкретных природных условиях. Системы, которые выживали в процессе естественного отбора, обладали специфическим строением белков и нуклеотидов, что и *обусловило зарождение наследственности*. В науке их отбор и выживание рассматривают как наиболее вероятный качественный скачок, который создал возможности для перехода от химической эволюции к биологической. Одновременно с процессами отбора и совершенствования циклических комплексов протекал отбор и совершенствование различных органических молекул, которые участвовали в таких реакциях.

В научном мире концепция Опарина А. И. является признанной и очень популярной. В настоящее время его ученики и последователи продолжают и развивают исследования, начатые им. Но, как и у любой концепции, у нее имеются как сильные, так и слабые стороны.

### **Основы эволюционной теории Ч. Дарвина**

Понятие эволюции (от лат. *evolutio* – развитие) в естествознании включает в себя процесс длительных, постепенных, медленных изменений, которые приводят к существенным и качественно новым изменениям – образованию иных форм, структур, организмов и их видов.

Учение Дарвина (дарвинизм) – это теория эволюции. Ключевыми понятиями учения Ч. Дарвина являются: 1) изменчивость; 2) наследственность; 3) отбор.

*Изменчивость* является базой для возникновения новых признаков в строении и функциях биологических объектов. *Наследственность* закрепляет эти признаки. *Естественный отбор* способствует гибели объектов, не приспособленных к условиям существования.

Дарвинизм проливает свет на механизмы самодвижения живой материи. Ч. Дарвин и его предшественники К. Линней и Ж.-Б. Ламарк показали, что человек является последним и наиболее совершенным звеном в эволюции живой природы.

### **7.3. Основные положения современной теории эволюции**

Успехи генетики в расшифровке генетического кода, достижения молекулярной биологии, эмбриологии, эволюционной морфологии, популярной генетики, экологии и ряда других наук привели к необходимости объединения современной генетики и эволюционной теории Ч. Дарвина. В результате такого объединения во второй половине XX в. родилась новая парадигма в биологии – *синтетическая теория эволюции* (СТЭ). В науке ее иногда называют неodarвинизмом. Его определяют как теорию органической эволюции путем естественного отбора признаков, которые детерминированы генетически. В рамках синтетической теории эволюции удалось преодолеть противоречия между генетикой и эволюционной теорией. В настоящее время СТЭ является многосторонним комплексным учением, лежащим в основе современной эволюционной биологии, однако в ней еще нет физической модели эволюции. В СТЭ элементарной единицей эволюции является *популяция*. Обусловлено это тем, что именно в ее рамках осуществляются наследственные изменения генофонда.

В рамках СТЭ механизм эволюции рассматривается состоящим из двух составляющих: 1) случайные мутации на генетическом уровне; 2) наследование наиболее приспособленных к условиям в окружающей среде мутаций, поскольку носители их выживают и обеспечивают потомство. Главные положения СТЭ были сформулированы в трудах по популярной генетике русским ученым С. Четвериковым в 1926 г. В его работах было показано, что отбору подвергается генотип всей

популяции, а не отдельные признаки и особи. Фенотипические признаки отдельных особей обеспечивают отбор генотипов популяции, который вызывает распространение полезных изменений. Позднее большой вклад в создание новой теории внесли ученые из разных стран и их коллективными усилиями и была построена синтетическая теория эволюции.

Основные положения СТЭ: утверждение о том, что элементарной составляющей эволюции является популяция (по Ч. Дарвину – это вид, по Ж. Ламарку – это особь), а процесс мутации служит для поставки элементарного эволюционного материала; популяционные волны представляют собой колебания численности особей популяции от их средней численности; в процессе изоляции закрепляются отличия в наборе генотипов и вызывается деление исходной популяции на ряд самостоятельных; естественный отбор представляет собой избирательное выживание с возможностью сохранения потомства отдельными особями, которые достигли репродуктивного возраста. Отбору подвергается вся популяция, ее генотип (но не отдельные признаки или особи). Такой отбор реализуется изменением фенотипических признаков отдельных особей, а это вызывает появление новых признаков при смене биологических поколений. Элементарной единицей наследственности является ген, представляющий собой участок молекулы ДНК (или хромосомы). Ген определяет развитие определенных признаков организма.

Структурно СТЭ включает в себя теории микро- и макроэволюции.

В *теории микроэволюции* изучаются необратимые изменения генетической и экологической структуры популяции (в природе вид существует в виде популяций. Только она есть элементарной единицей эволюции), которые способны вызвать формирование нового вида. Эволюция происходит на основе мутационной изменчивости при строгом естественном отборе. Мутации служат единственным источником возникновения качественно новых признаков.

В *теории макроэволюции* изучаются генезис *надвидовых таксонов* (отрядов, семейств, классов и т. д.), главные закономерности и направления возникновения и формирования жизни на планете в целом, включая происхождение и развитие человека как биологического вида.

Исследуемые в рамках микроэволюции модификации, являются доступными в прямых наблюдениях. В макроэволюции нет характерных для нее механизмов и она реализуется посредством процессов микроэволюции, совершается в течение длительного исторического периода времени. По этой причине ее процесс может быть только реконструирован. На уровне макроэволюции обнаруживаются общие закономерности, направления и тенденции в эволюции живой природы, которые не поддаются наблюдениям на уровне микроэволюции.

В настоящее время учеными, которые изучают микро- и макроэволюцию, собрано большое количество материалов. Их систематизируют в виде *основных положений СТЭ* таким образом:

1) *естественный отбор* служит главным движущим фактором процесса эволюции (он есть следствие конкурентных отношений борьбы за существование, особенно острой внутри вида или популяции). *Мутационный процесс* (мутации различных типов), *дрейф генов* (генетические автоматические процессы) и разные *формы изоляции* также содействуют образованию видов;

2) процесс эволюции в окружающем мире идет постепенно, дивергентно (в сторону расхождения признаков), посредством отбора случайных мелких мутаций. Образование новых форм может проходить через сальтации (крупные наследственные изменения), жизнеспособность которых также определяется естественным отбором;

3) изменения в эволюции являются *случайными и не направленными*. Первичным материалом для эволюции служат различного типа мутации. Сформировавшаяся первоначальная организация популяции и последующие изменения условий в окружающей среде ограничивают и передают изменения наследственных свойств в направлении абсолютного прогресса;

4) макроэволюция реализуется через процессы микроэволюции, она способствует созданию надвидовых групп и не имеет никаких особых механизмов зарождения новых форм жизни.

СТЭ является развивающейся концепцией. Она содержит много трудностей, на них базируются различные недарвиновские концепции эволюции, например, *пунктуализм*. В этой концепции полагают, что процесс эволюции проходит посредством редких и быстрых скачков, а в 99 % своего процесса вид находится в стазисе (стабильном состоянии). В граничных условиях скачок к новому виду может происходить в

течение одного или нескольких поколений, и в популяции, которая состоит всего из десятков особей. Основой этой гипотезы является широкая генетическая база, основанная фундаментальными открытиями в биохимии и молекулярной генетике. В пунктуализме сфокусировано внимание на молекулярной генетике особи как носителя всех свойств вида. При этом были отброшены генетико-популяционная модель видообразования и идея Дарвина о зарождающихся видах. Значимость этой концепции состоит в идее разобщенности микро- и макроэволюции и независимости управляемых ими факторов. В тоже время в современном естествознании полагают, что вероятно в будущем СТЭ и недарвиновские концепции эволюции, дополняя друг друга, будут объединены в новую единую теорию жизни.

#### **7.4. Основы генетики**

Генетика (от греч. *γενησις* – "происхождение") представляет собой науку о законах наследственности и изменчивости. Основное понятие генетики – "ген", который является элементарной единицей наследственности. Он характеризуется набором признаков. Успехи генетики обусловлены развитием большого числа современных научных методик и технологий, на основе которых была установлена структура нуклеиновых кислот, расшифрован генетический код, выявлены этапы биологического синтеза белка и матричного синтеза. Образовались новые направления генетики, которые стали самостоятельными науками. Среди них: эволюционная генетика, медицинская генетика, молекулярная генетика, иммуногенетика, генетика поведения, геногеография и другие.

*По своему уровню* ген является внутриклеточной молекулярной структурой.

*По своему химическому составу* ген представляет собой нуклеиновые кислоты. В их составе главную роль играют азот и фосфор.

Гены *размещаются*, как правило, в ядрах клеток. Они существуют в каждой клетке, и по этой причине их общее число в больших организмах может достигать сотни миллиардов и более.

*По своей роли в организме* гены играют роль своеобразного "мозгового центра" клеток. Это часть молекулы ДНК, которая определяет потенциал развития одного признака или синтеза белковой молекулы.

Следует понимать такие основные понятия:

*доминантные гены* – это гены, которые проявляются у гибридов и подавляют развитие какого-либо одного признака; они располагаются в тех же участках хромосом и определяют развитие этого признака. Их обозначают прописными буквами: А, В, ...;

*рецессивные гены* – это гены, которые подавляются доминантными, они не проявляются у гибридов первого поколения. Их обозначают строчной буквой: а, в;

*аллельные гены* – эти гены располагаются на тех же участках хромосом и определяют развитие одного признака;

*генотип* характеризует совокупность всех генов одного организма;

*фенотип* характеризует совокупность всех признаков одного организма, которые сформировались в результате его индивидуального развития. Фенотип составляют видимые, биохимические и анатомические признаки;

*генофонд* характеризует совокупность всех генов, существующих у особой группы, популяции или вида;

*гомозиготные организмы* – это организмы, которые имеют единые наследственные признаки (единообразные аллельные гены – доминантные или рецессивные);

*гетерозиготные организмы* – это организмы, которые имеют разные наследственные признаки (различные аллельные гены – и доминантные и рецессивные);

*гамета* – это половая клетка, которая имеет гаплоидный (одинарный) набор хромосом;

*зигота* – это клетка, которая образовалась в результате слияния мужской и женской гамет. Она имеет диплоидный набор хромосом.

В генетике исследуют фундаментальные свойства живых систем – *наследственность и изменчивость*, которые отражают способность живых организмов передавать свои признаки и свойства в следующие поколения и приобретать новые качества.

*Наследственность* обеспечивает непрерывную преемственность признаков, свойств и особенностей развития в ряду поколений.

*Изменчивость* снабжает материалом для естественного отбора, она создает новые варианты признаков и бесчисленное количество комбинаций ранее существовавших и новых признаков живой материи.

## Наследственность

Индивидуальные особенности развития организмов определяются биохимическими процессами, наследственно запрограммированными в молекулах ДНК и РНК. Наследуемые признаки и свойства живого организма закрепляются в генах участках молекулы ДНК (или хромосомы), которые определяют потенциал развития какого-либо одного элементарного признака или синтез одной белковой молекулы.

Основой генетики стали закономерности наследственности, которые были установлены чешским ученым Г. Менделем в результате опытов по скрещиванию различных сортов гороха. Скрещивание двух организмов называют *гибридизацией*, потомство от скрещивания двух особей с разной наследственностью называют *гибридным*, а отдельную особь – *гибридом*. Г. Менделем были установлены количественные закономерности наследования признаков. Он четко изложил и описал законы генетики, которые в его честь назвали законами Менделя (законы моногибридного скрещивания).

*Первый закон Менделя:* в результате скрещивания двух организмов, которые относятся к различным чистым линиям, все первое поколение гибридов получится единообразным и будет иметь признак одного из родителей. Проявление признака обуславливается тем, какой из генов является доминантным, а какой рецессивным. *Второй закон Менделя (закон расщепления):* в результате скрещивания между собой двух потомков первого поколения двух гетерозиготных особей (Aa) во втором поколении имеет место расщепление в определенном соотношении: по фенотипу 3 : 1, по генотипу 1 : 2 : 1 (AA + 2Aa + aa). *Третий закон Менделя (комбинирования признаков)* применимый к вариациям наследования, когда родительские особи отличаются по двум и более признакам друг от друга: гены и соответствующие им признаки наследуются независимо друг от друга и комбинируются во всех возможных сочетаниях.

Важным этапом в утверждении генетики стало формирование *хромосомной теории наследственности*. Ее связывают с именем американского ученого Т. Моргана, который определил закономерности наследования признаков, гены которых находятся в одной хромосоме. Их наследование проходит совместно. Этот процесс называют *сцеплением генов* (закон Моргана). Морган установил, что третий закон Менделя выполнялся не во всех случаях. Он сделал заключение о том,

что у всякого организма признаков много, а число хромосом невелико и, следовательно, в каждой хромосоме должно находиться большое число генов. Он и установил закономерность наследования таких генов.

В генетике нашел объяснение и генезису половых различий. К примеру, у человека из 23 пар хромосом 22 пары одинаковые у мужского и женского организма, а одна пара – разная. Эта пара и обуславливает различие двух полов. Эти хромосомы называют *половыми*. У женщин они одинаковы, их называют X-хромосомами. У мужчин, помимо X-хромосомы имеется и Y-хромосома. Если яйцеклетка оплодотворяется сперматозоидом, который несет X-хромосому, то происходит развитие женского организма, если же в яйцеклетку попадает сперматозоид, содержащий Y-хромосому, то формируется мужской организм. У птиц все наоборот – у самцов две X-хромосомы, а у самок X- и Y-хромосома.

Развитие генетики получило большой импульс с открытием в 30-х годах XX века роли дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) в передаче наследственной информации. С этого времени началось изучение и расшифровка генетических закономерностей на молекулярном уровне, родилась новая наука – *молекулярная генетика*.

В хромосомах размещается ДНК, которая является наследственным материалом организма. В состав молекулы ДНК входят две полимерных (образованы мономерами – повторяющимися элементами) цепи, закрученные в спираль и построенные из огромного числа мономеров четырех видов – нуклеотидов. В молекуле ДНК наследственная информация кодируется вследствие сочетания трех нуклеотидов – триплетов, каждый из которых соответствует одной аминокислоте в синтезируемом белке (который отвечает за развитие определенного признака).

При передаче родительской генетической информации потомству важную роль играют имеют различные типы рибонуклеиновой кислоты (РНК): транспортная, информационная и рибосомная. Было найдено, что основной функцией генов является кодирование синтеза белков. В 1950 году С. Бензер была определена тонкая структура генов, молекулярный механизм функционирования генетического кода, был понят алгоритм, на котором записана генетическая информация (азотистые основания: аденин (А), тимин (Т), цитозин (Ц), гуанин (Г), пятиатомный сахар и остаток фосфорной кислоты. При этом аденин

всегда соединяется с тимином другой цепи ДНК, а гуанин – с цитозином). Была осуществлена расшифровка механизма передачи наследственной информации (репликации) ДНК и установлено, что ее спусковым механизмом выступает наличие ДНК-полимеразы (особого фермента).

### **Изменчивость**

*Изменчивостью* называют способность живых организмов приобретать новые признаки и свойства. Изменчивость, является основой для естественного отбора и эволюции организмов. Различают наследственную (генотипическую) и ненаследственную (модификационную) изменчивость. *Наследственная* изменчивость связана с изменением генотипа и сохраняется в ряду поколений. Различают мутационную и комбинативную наследственную изменчивость. Мутационная изменчивость (или мутации) представляет собой спонтанные скачкообразные изменения генетического материала, которые возникают в результате нарушений в структуре генов или хромосомы. Комбинативная изменчивость связана с перестройкой структуры хромосомы, порядком расположения генов (рекомбинацией), при этом сами гены не изменяются. Пределы *модификационной* изменчивости называются нормой реакции, они обусловлены генотипом. Эта изменчивость зависит от условий среды, в которой находится организм и дает возможность приспособиться к этим условиям (в пределах нормы реакции). Такие изменения не наследуются.

Открытие способности генов к перестройке, изменению является крупнейшим открытием современной генетики. Эта способность к наследственной изменчивости получила в генетике название *мутации* (от лат. *mutatio* – изменение). Она возникает вследствие изменения структуры гена или хромосом и служит единственным источником генетического разнообразия внутри вида. Причиной мутаций служат всевозможные физические (космические лучи, радиоактивность и другие) и химические (разнообразные токсичные соединения) причины – *мутагены*. Благодаря постоянному мутационному процессу возникают различные варианты генов, составляющие резерв наследственной изменчивости.

Изменчивость может быть обусловлена не только мутациями, но и сочетаниями отдельных генов и хромосом, например, при половом

размножении – *генетическая рекомбинация*. Рекомбинация также может происходить за счет включения в геном клетки новых, привнесенных извне, генетических элементов – мигрирующих генетических элементов.

В последнее время было установлено, что даже само их внедрение в клетку дает мощный толчок к множественным мутациям.

Одним из наиболее опасных видов *мутагенов* являются вирусы (от лат. *virus* – яд) – мельчайшие из живых существ, которые не имеют клеточного строения и не способны сами синтезировать белок, поэтому получают необходимые для жизнедеятельности вещества, проникая в живую клетку и используя чужие органические вещества и энергию.

Мутации (главные поставщики эволюционного материала), относятся к изменениям случайным, они подчиняются вероятностным, или статистическим, законам и поэтому они не могут служить определяющим фактором эволюционного процесса.

В действительности, кроме отбора – естественного или искусственного не существует никакого другого средства регулирования наследственной изменчивости. Только случайные изменения, оказавшиеся полезными в определенных условиях окружающей среды, отбираются в природе или искусственно человеком для дальнейшей эволюции.

## **7.5. Генетическая и клеточная инженерия**

Генетическая (генная) инженерия возникла с созданием технологии выделения генов из ДНК и методики размножения нужного гена исследователем П. Бергом (1972 г., США). Внедрение в живой организм чужой генетической информации, генетическое манипулирование с целью изменения существующих и создания новых генотипов составляют одну из самых перспективных актуальных задач генной инженерии.

В настоящее время на основе генной инженерии возникла и широко развивается отрасль фармацевтической промышленности, представляющая собой перспективную ветвь современной биотехнологии – микробиологический синтез. С помощью методов генной инженерии получены клоны многих генов, инсулин, гистоны, коллаген и

глобин мыши, кролика и человека, пептидные гормоны и интерферон, которые используют в лечебной практике.

В неразрывной связи с разработкой технологий генной инженерии развиваются фундаментальные исследования в молекулярной биологии. Одним из важнейших направлений молекулярной биологии и генной инженерии является *изучение геномов* растительных и животных видов и разработка способов их реконструкции. Огромное значение имеет изучение генома человека. Ожидается, что исследователи определят все функции генов и разработают технологические способы использования этих данных. Уже сейчас молекулярная генетика открывает широкие перспективы для генной инженерии. Одно из таких перспективных направлений – создание трансгенных растений, животных, микроорганизмов, то есть таких организмов, в собственный генетический материал которых "встроены" чужеродные гены. Успехи генной инженерии позволяют создавать новые генотипы сельскохозяйственных растений и животных, которые характеризуются отсутствием определенных болезней и увеличением продуктивности.

Широкое применение получили методы генной инженерии в медицине, фармакологии, микробиологии. К примеру, с помощью молекулярных проб (фрагментов ДНК) можно определить зараженность донорской крови вирусом СПИДа. Уже применяются генные технологии создания новых вакцин и улучшения существующих. В настоящее время ведутся исследования и внедряются в практику результаты по генетической модификации свойств микроорганизмов, необходимых для сыроварения, виноделия, хлебопечения, производства кисломолочных продуктов.

Модифицированные микробы применяют в сельском хозяйстве для борьбы с вирусами, микробами и насекомыми.

Современная клеточная инженерия успешно занимается генетическими манипуляциями с отдельными клетками или группами клеток. Среди ее достижений нужно отметить методику оплодотворения в пробирке яйцеклетки с последующей имплантацией ее зародышей в матку. Очень важными являются исследования и практические применения методов клеточной инженерии в животноводстве при выведении животных с определенными, полезными для человека качествами.

При всем многообразии положительного важно понимать и негативный аспект развития генной и клеточной инженерии: например, становится реальной возможностью получения новых патогенных вирусов и создания новых видов бактериологического оружия, что ставит под угрозу благополучие человеческой цивилизации. Часто стали возникать дискуссии по проблеме клонирования человека. Технологии генной инженерии уже приближаются к решению этой задачи. Нам обязательно следует понимать и помнить, что клонирование человека вызовет целый ряд непредсказуемых этических, юридических, религиозных и ряда других проблем. Поэтому, нравственные и социальные аспекты использования достижений генетики в интересах человека требуют широкого обсуждения, внимания и общественного контроля.

### 7.6. Понятие о биосфере

В природе живые организмы существуют и развиваются в тесном взаимодействии с неживой материей, причем процессы в живой природе на поверхности нашей планеты стали преобладающими. Под действием солнечной энергии развивается планетарных масштабов система – *биосфера*. В ее составе различают:

*живое вещество*, образованное совокупностью организмов;

*биогенное вещество*, которое создается в процессе жизнедеятельности организмов (газы атмосферы, уголь, известняки и др.);

*косное вещество*, образующееся без участия живых организмов (основные породы, лава вулканов, метеориты);

*биокосное вещество*, представляющее собой совместный результат жизнедеятельности организмов и абиогенных процессов (почвы).

Эволюция биосферы обусловлена тесно взаимосвязанными между собой тремя группами факторов: развитием нашей планеты как космического тела и протекающих в ее недрах химических преобразований, биологической эволюцией живых организмов и развитием человеческого общества.

Биосфера – область активной жизни на нашей планете. Границы жизни определяются факторами земной среды, которые препятствуют существованию живых организмов. Она охватывает верхнюю часть литосферы (на глубину примерно до 3 км), гидросферу, тропосферу и

часть стратосферы (на высотах до 20 км). Иногда споры простейших живых объектов обнаруживают не только в стратосфере, но и на высотах до 100 км. Биосфера – система, в ее состав входят углерод, азот, водород, кислород, сера и многие микроэлементы. Эти элементы переходят из неживой материи к растениям, от них – к животным и человеку. После гибели живой материи химические элементы переходят в неживое вещество. Поэтому биосфера представляет собой гигантскую систему, в которой осуществляется круговорот химических элементов на Земле.

Биосфера представляет собой открытую систему, в нее постоянно поступает энергия из космоса, в основном от Солнца. Часть энергии Солнца "консервируется" в зеленых растениях, скорость увеличения массы которых порядка  $10^6$  кг/с для всей Земли в целом.

### **Параметры биосферы**

Живое вещество по своей массе представляет собой ничтожную часть биосферы. Однако именно живое вещество, по мнению Вернадского В. И., выполняет ведущие функции в формировании земной коры. Масса живого вещества очень мала по сравнению с массой неживого вещества и составляет всего 0,01 – 0,02 % от косного вещества биосферы. В то же время живое вещество играет главенствующую роль в геохимических процессах. Ежегодно благодаря жизнедеятельности растений и животных воспроизводится около 10 % биомассы. Биомасса растений составляет около  $2 \times 10^{15}$  кг. Масса животного мира – около  $2 \times 10^{13}$  кг. Мощность растительного мира  $6 \times 10^{13}$  Вт. Для животного мира она на два порядка меньше. Таким образом, мощность биосферы фактически определяется мощностью растительного мира.

Биосфера выполняет биогеохимические функции, к которым относятся: газовая (образование  $O_2$ ,  $CO_2$ , N,  $H_2$ , S и других веществ); концентрационная (аккумуляция H, C, N, O, Na, Mn, Fe и др.), окислительно-восстановительная (образование солей, оксидов, окисление веществ и другие), биохимическая (дыхание, питание, размножение и отмирание).

Биомасса занимает, в основном, сушу. В Мировом океане ее в  $10^3$  раза меньше.

Биотический круговорот органических веществ является основой и условием существования биосферы. Его непрерывность – залог

развития и существования жизни на Земле. Непрерывность жизни обеспечивается процессами синтеза и распада. Поступающая в биосферу солнечная энергия частично расходуется на синтез высокомолекулярного богатого энергией органического вещества. Передаваясь с одного трофического уровня на другой, энергия постепенно рассеивается. Особая роль в круговороте принадлежит микроорганизмам, которые превращают мертвые остатки растений и животных в неорганические вещества, используемые в дальнейшем зелеными растениями для фотосинтеза. Обновление всего живого вещества биосферы Земли происходит приблизительно за 8 лет. Вещество наземных растений обновляется за 14 лет, а вся биомасса океана – за 33 дня.

Вернадский В. И. выделяет три этапа развития биосферы. Первый – возникновение первичной биосферы с биотическим круговоротом веществ. Ведущие факторы на этом этапе – геологические и климатические изменения на Земле. Второй этап – усложнение структуры биосферы в результате появления одноклеточных и многоклеточных эукариотных организмов. Движущим фактором выступает биологическая эволюция. Третий этап – возникновение человеческого общества и превращение биосферы в ноосферу. Ведущим фактором в этом процессе является разумная деятельность человека, характеризующаяся рациональным регулированием взаимоотношений человека и природы.

### **Понятие ноосферы**

Современная биосфера сложилась в результате длительного эволюционного процесса живого и косного вещества нашей планеты. Роль человека в развитии биосферы определяется, прежде всего, его биосоциальной природой. Люди со своей широкой и активной преобразующей деятельностью создают техносферу (иногда употребляют термин – антропосфера), не составляющую целостную систему с биосферой, не создающую новых запасов энергии. Деятельность человека представляет угрозу для экологического равновесия, для существования биосферы. Выходом из экологического кризиса, по мнению многих ученых, должно стать создание на Земле ноосферы. Концепция ноосферы явилась логическим результатом научной деятельности Вернадского В. И., который говорил, что

"биосфера перейдет однажды в сферу разума – ноосферу. Произойдет великое объединение, в результате которого развитие планеты сделается направленным силой разума".

Изменения биосферы должны происходить в интересах человечества, но без ущерба для самой биосферы. Такое взаимоотношение человека и биосферы называется коэволюцией. В структуре ноосферы выделяют следующие компоненты: человечество, совокупность научных знаний, сумму техники и технологий в единстве с биосферой. Ноосфера предполагает не выживание человечества, а сохранение экосферы в гармонии живой и неживой природы, сохранение природы с сохранением ресурса органического мира в биогеоценозах.

В настоящее время деятельность человека, к сожалению, далека от такого идеализированного представления. Поэтому ноосферой является фактически та оболочка, на которую человек оказал существенное воздействие. Более точно ее следует называть антропосферой, то есть сферой, сформированной человеком.

## 7.7. Биологические ритмы

Под биологическими ритмами (или кратко биоритмами) понимаются периодические процессы в живой материи. Биоритмы могут быть внутренними или внешними. К первым относятся, например, сердцебиение и связанные с ним циклы, ко вторым – космические факторы. Рассмотрим их подробнее.

Перечислим основные космические ритмы [19].

1. *Суточные ритмы*. Они обусловлены вращением Земли вокруг собственной оси. Их продолжительность – около 24 часов. С суточными ритмами связаны приливные процессы с периодом 12 часов. Суточные ритмы – важнейшие, так как они обеспечивают *фотоциклические процессы* (то есть смену освещенности неосвещенностью).

2. *Месячные (лунные) ритмы*. Долгое время считалось, что они вызваны обращением Луны вокруг Земли. Величина лунного периода – около 27 суток. Примерно с таким же периодом (около 25 суток) вращается Солнце вокруг своей оси, управляя биологическими процессами.

3. *Годовые ритмы*. Они регулируют сезонные процессы. Период ритмов – 365 суток. Они также относятся к важнейшим процессам.

4. *Солнечные ритмы*. Лучше других изучен цикл с периодом 11 лет, по-видимому, он же является главнейшим. Существуют и более длительные циклы солнечной активности. Все они связаны с процессами, происходящими внутри светила.

5. *Длиннопериодные космические ритмы*. Эти ритмы изучены крайне недостаточно. Примером гипотетического космического ритма является цикл с периодом 26 млн лет. Его связывают с приближением к Земле звезды Немезиды.

Перечисленные ритмы существенно влияют на живую материю. Они регулируют скорость процессов в ней, скорость размножения и вымирания особей и даже исчезновение видов (например, цикл с периодом 26 млн лет). Влияние внешних ритмов на живые организмы свидетельствует о том, что жизнь – явление космическое, а не только земное.

#### **7.8. Основные положения клеточной теории в концепции эволюционной биологии**

Онтогенетический уровень живой материи представлен отдельными организмами (особями).

Клетки как элементарные структуры действуют как самостоятельные организмы (бактерии, простейшие), а так же, как клетки многоклеточных организмов.

Особенность клеточного подуровня в том, что именно с него и начинается жизнь.

*Клетка* – это элементарная живая система и основная форма организации живой материи: она усваивает пищу, способна существовать и расти, можетделиться на две, каждая из которых содержит генетический материал, идентичный исходной клетке.

Клетка – это один из основных структурных, функциональных и воспроизводящих элементов живого.

Между клетками растений и животных нет принципиальной разницы по строению и функциям, некоторые отличия лишь в строении мембран и некоторых органелл.

За 3 млрд лет существования на Земле живое вещество развилось до нескольких миллионов видов, но все они – от бактерий до высших животных – состоят из клеток. Специфичность клеточного подуровня заключается в специализации клеток.

В человеческом организме до  $10^{15}$  клеток. *Половые клетки* служат для размножения, *соматические* (греч. *soma* – тело) имеют разное строение и функции (нервные, мышечные, костные). Клетки отличаются своими размерами, формой, количеством поглощенного красителя.

Среди живого есть *одно- и многоклеточные организмы*. Вирусы представляют собой неклеточные организмы, они размножаются в чужих клетках. Некоторые водоросли потеряли свое клеточное строение.

На клеточном уровне происходит разграничение и упорядочение процессов жизнедеятельности во времени и пространстве, что связано с приуроченностью функций к различным субклеточным структурам.

Клеточная теория, или цитология (от греч. *kytos*. – сосуд, клетка), сложилась как наука в течение XIX в., когда появились более совершенные микроскопы (ее часто называют биологией клетки).

Основа клеточной теории:

*клетка* – основная структурная единица теории и единица развития живых организмов;

*ядро* – основная составляющая клетки;

*клетки размножаются* только делением;

всем клеткам присуще *мембранное строение*;

*клеточное строение* – свидетельство единого происхождения растительного и животного мира.

Современная клеточная теория исходит из единства расчлененности многоклеточного организма на клетки и его целостности, основанной на взаимодействии клеток.

Размеры клеток измеряют в микрометрах (мкм) и нанометрах (нм). Например, соматическая животная клетка средних размеров имеет 10 – 20 мкм в диаметре, растительная – 30 – 50 мкм; длина хлоропласта цветкового растения 5 – 10, бактерии – 2 мкм.

*Для изучения клеточного строения* световые микроскопы не годятся, так как их разрешающая способность ограничена длиной световой волны (известно, что чем меньше длина волны, тем выше

разрешающая способность). Даже фиолетовой линии соответствует разрешение 200 нм, что недостаточно для изучения клеточных структур.

Более высокое разрешение было достигнуто в 30-е гг. с помощью *электронного микроскопа*. Электронный микроскоп устроен почти как световой, но роль пучка света в нем играют электроны. Пучок электронов обладает волновыми свойствами, а длина волны электронов короче, чем у света. Вместо обычных линз используют электромагнитные, направляющие пучок электронов, который вылетает из электронной пушки. На фотопластинке получается изображение предмета.

Современное естествознание утверждает, что *клетка* – это *самовоспроизводящаяся химическая система*, поэтому она должна поддерживать баланс с окружением, поглощать те вещества, которые требуются ей в качестве "сырья", и выводить наружу накапливающиеся "отходы", то есть обеспечивать гомеостаз.

## 7.9. Биотехнологии

### Понятие биотехнологии

В XXI в. биология выступает на первые позиции в естествознании. Это обусловлено, прежде всего, возрастанием ее практических возможностей, ее программирующей ролью в аграрной, медицинской, экологической и других сферах деятельности, способностью решать важнейшие проблемы жизнедеятельности человека, в конечном счете даже определять судьбы человечества (в связи с перспективами биотехнологий, генной инженерии) и т. п.

Одной из важнейших форм связи современной биологии с практикой являются биотехнологии.

*Биотехнологии* – это технологические процессы, которые реализуются с использованием биологических систем – живых организмов и компонентов живой клетки. Или иными словами, биотехнологии связаны с тем, что возникло биогенным путем.

Биотехнологии основаны на последних достижениях многих отраслей современной науки: физики, биохимии и биофизики, вирусологии, физико-химии ферментов, микробиологии, молекулярной биологии, генетической инженерии, селекционной генетики, химии антибиотиков, иммунологии и др.

Термин "биотехнология" относительно новый: он получил распространение в 1970-е гг., но человек имел дело с биотехнологиями и в далеком прошлом. Некоторые биотехнологические процессы, основанные на применении микроорганизмов, человек использует еще с древнейших времен: в хлебопечении, в приготовлении вина и пива, уксуса, сыра, различных способах переработки кож, растительных волокон и т. д.

Современные биотехнологии основаны главным образом на культивировании микроорганизмов (бактерий и микроскопических грибов), животных и растительных клеток, методах генной инженерии.

*Основными направлениями развития современных биотехнологий* являются: 1) медицинские биотехнологии; 2) агrobiотехнологии; 3) экологические биотехнологии.

Новейшим и важнейшим ответвлением биотехнологии является *генная инженерия*.

В настоящее время биотехнологии являются одним из важнейших способов решения экологических проблем. Они применяются для уничтожения загрязнений окружающей среды (например, очистка воды или очистка от нефтяных загрязнений), для восстановления разрушенных биоценозов (тропических лесов, северной тундры), восстановления популяций исчезающих видов или акклиматизации растений и животных в новых местах обитания.

Биотехнологии успешно применяются в некоторых "экзотических" отраслях. Так, во многих странах микробная биотехнология используется для повышения нефтеотдачи.

Многие микробиологические технологии являются очень эффективными и при получении цветных и благородных металлов.

В последнее время возникла, быстро и успешно развивается новая отрасль промышленности – *трансгенная биотехнология*, занимающаяся конструированием и применением трансгенных организмов. (Сейчас в США функционирует уже более 3 000 генно-инженерных фирм).

### **Понятие о бионике**

Бионика – это междисциплинарная система знаний, которая изучает возможности применения *биологических закономерностей* в *электронике, технике, кибернетике* и других отраслях человеческой деятельности. Бионика как система знаний зародилась в середине

XX века. Фактически же ее корни уходят в глубокую историю. Она выросла из запросов практики. Термин "бионика" появился в 1960 г. в результате сочетания частей двух слов "биология" и "электроника" (или "техника"). Не случайно ее эмблемой является скальпель и паяльник, соединенные знаком интеграла. Девиз бионики: "Биологические объекты – ключ к новой технике".

### **Направления и перспективы бионики**

Разумеется, бионика не ставит своей целью простое подражание живым объектам. Она способствует раскрытию принципов эффективного функционирования систем. Целенаправленное использование биологических, физических и других закономерностей позволит человеку создавать еще более совершенные устройства, машины и системы.

Бионика может помочь в решении следующих задач:

- накопление и обработка больших объемов информации;
- повышение функциональности, гибкости, пластичности и надежности электронных элементов, узлов, устройств и систем;
- создание самоадаптирующихся устройств и систем;
- разработка самопрограммируемых ЭВМ;
- создание принципиально новых видов техники;
- миниатюризация электронных изделий и др.

У природы еще есть что заимствовать. Покажем это на примерах.

Технические системы электрического и магнитного типов позволяют накапливать энергию с плотностями  $\sim 10^4$  и  $10^6$  Дж/м<sup>3</sup> соответственно. В биологических объектах достигаются значения  $\sim 10^7$  –  $10^8$  Дж/м<sup>3</sup>. Сердце человека, представляющее собой хемозлектромеханический насос, в течение жизни делает около  $10^9$  сокращений. Лучшие рукотворные насосы допускают не более  $10^7$  переключений. Технология интегральной микроэлектроники позволяет в 1 см<sup>3</sup> разместить до  $10^8$  элементов. В то же время число нервных клеток в мозгу  $\sim 10^{15}$  см<sup>3</sup>, а в отдельных центрах – до  $10^{17}$  см<sup>3</sup>. Переход к нанотехнологиям позволит решить проблему миниатюризации изделий. Надежность функционирования биологических объектов обеспечивается самовосстановлением и системами многократного дублирования рабочих элементов. Например, зрительные элементы у человека имеют стократное

резервирование. Вероятность отказа такой системы  $\sim 10^{-14}$ . Для современных машин эта вероятность намного меньше.

Таким образом, возможности бионики еще далеко не исчерпаны.

## **7.10. Природа и экология**

### **7.10.1. Общие сведения**

Все огромное разнообразие природных условий на Земле называют средой жизни. Из нее живые организмы получают все необходимое для жизни и в нее выделяют продукты своего обмена веществ. На планете Земля живые организмы приспособились к обитанию в четырех средах жизни: водной, наземно-воздушной, почвенной и организменной.

Экология – это система знаний об отношениях сообществ живой материи между собой и средой обитания, а также об охране окружающей среды и рациональном природопользовании.

Основной частью экологии, ее фундаментом является общая экология, которая изучает общие закономерности взаимоотношений любых живых организмов и природной среды.

Предметом изучения общей экологии являются объекты организменного, популяционно-видового, биоценотического и биосферного уровней организации в их взаимодействии с окружающей средой.

Экология – это междисциплинарное направление исследований, которое предполагает и широко использует комплексный подход. Как наука она основана на разных разделах биологии и тесно связана с другими науками (например, с физикой, химией, географией, психологией, педагогикой, правом). Только на основе интеграции этих дисциплин возможно преодолеть технократическую парадигму мышления, выработать новый тип экологического сознания, мышление, коренным образом меняющее поведение людей по отношению к природе. Задачи, которые она решает, – многогранны. Поскольку человек своей деятельностью активно воздействует на Землю, атмосферу, околоземный и ближний космос, следует говорить об экологии соответствующего объекта.

Отметим основные задачи [10]:

- 1) исследование влияния среды на строение, жизнедеятельность и поведение организмов;
- 2) исследование закономерностей организации жизни, в том числе в связи с антропогенными воздействиями на природные системы;
- 3) изучение экологических механизмов адаптации к среде;
- 4) исследование процессов, протекающих в биосфере, с целью поддержания ее устойчивости;
- 5) создание научной основы рациональной эксплуатации природных ресурсов, прогнозирование изменений природы под влиянием деятельности человека и управления процессами в биосфере;
- 6) прогнозирование и оценка возможных отрицательных последствий в природной среде под влиянием деятельности человека;
- 7) оптимизация экономических, правовых, социальных и иных решений для обеспечения экологически безопасного, устойчивого развития;
- 8) восстановление нарушенных природных систем, сохранение эталонных участков биосферы;
- 9) формирование экологического мировоззрения, развитие экологического сознания и культуры у людей всех возрастов и профессий;
- 10) создание новых технологий, основанных на понимании экологических возможностей данного региона, его специфичности.

В современной экологической науке влияние среды на организмы обычно оценивают через различные отдельные экологические факторы под которыми понимается любой элемент или условие среды, на которые организмы реагируют приспособительными реакциями или адаптациями. Каждая из названных сред обитания отличается характерными особенностями воздействия соответствующих экологических факторов. При этом все многообразие таких экологических факторов разделяют на три группы: абиотические, биотические и антропогенные.

К абиотическим факторам относят компоненты неживой природы: климатические (температура, влажность, ветер, свет, давление и другие), геологические (землетрясения, извержения вулканов, движение ледников, радиоактивное излучение и другие), почвенные (плотность почвы, ее структура и состав), гидрологические (вода, течение, соленость, давление) и ряд других.

К биотическим относятся факторы живой природы: фитогенные (влияние растений), зоогенные (влияние животных), микробогенные (влияние микроорганизмов), микогенные (влияние грибов).

Антропогенные факторы обусловлены человеческой деятельностью. Она приводит, особенно в последние десятилетия, к серьезным изменениям в биогеоценозах.

Экологические факторы могут оказывать на живые организмы прямое действие и косвенное, положительное и отрицательное; они обладают различной изменчивостью во времени и в пространстве.

В последние годы сформировалось новое направление – *экологическая безопасность* – это состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий. Актуальность экологической проблемы сильно обострилась в середине XX века. Обусловлено это научно-технической революцией и увеличением энерговооруженности человечества. Мощность и энергия рукотворных (антропогенных) объектов и изделий в ряде случаев не только достигла, но и превзошла соответствующие параметры естественных процессов и источников [19]. Оказалось, что научно-техническая революция, рост энерговооруженности человека не только огромное благо, но и большая беда. Парадоксально, что могущество – это не только завоевание, но и опасность глобального масштаба. Могуществом надо учиться разумно пользоваться. Каждый житель Земли должен изменить свои мышление и действия в направлении бережного отношения к Природе. В идеале он должен превратить Землю и геокосмос в сферу разума – ноосферу. Поэтому стратегической задачей экологии является развитие теории взаимодействия природы и общества на основе нового взгляда, рассматривающего человеческое общество как неотъемлемую часть биосферы.

Экология использует широкий набор методов исследования. Методы экологических исследований – это пути и способы изучения экологических явлений, которые подразделяются на полевые и лабораторные.

*Полевые методы* и способы предполагают изучение экологических процессов и явлений в природной среде. С их помощью возможно

установить взаимосвязи организмов, видов и сообществ со средой, выяснить общую картину развития и жизнедеятельности биосистем.

*Лабораторные методы* и способы применяются во время проведения работ в лабораторных условиях, они пересекаются с методами и способами полевых исследований.

Важное место в экологии отводится методу моделирования. Моделирование – это метод опосредованного практического и теоретического манипулирования объектом, когда исследуется не сам интересующий человека объект непосредственно, а вспомогательная, искусственная или естественная система (модель), которая определенным основным соответствующая свойствам реального объекта. Всякая модель, какой бы полной она ни была, всегда упрощена и обычно отражает общую суть процесса.

*Мониторинг окружающей среды* – это комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений ее состояния под воздействием природных и антропогенных факторов. В зависимости от степени выраженности антропогенного воздействия различают фоновый и импактный мониторинг.

*Фоновый (базовый) мониторинг* – это наблюдение за естественными природными явлениями и процессами, протекающими в естественной обстановке (без антропогенного влияния).

*Импактный мониторинг* – это слежение за антропогенными воздействиями в особо опасных районах и зонах.

В зависимости от масштабов наблюдения различают мониторинг *глобальный, региональный и локальный*. Глобальный мониторинг предполагает наблюдения за развитием общемировых биосферных процессов и явлений; региональный мониторинг – наблюдения за природными и антропогенными процессами и явлениями в пределах какого-то определенного региона; локальный мониторинг – наблюдения в пределах небольшой территории.

### **7.10.2. Современные экологические проблемы**

Современные экологические проблемы в основном обусловлены антропогенными воздействиями на природу деятельности людей, которые связаны с реализацией различных экономических,

рекреационных, военных, культурных и других интересов человека. По своему характеру они могут быть положительными и отрицательными, длительными и кратковременными, целенаправленными и стихийными, точечными и площадными, глобальными, региональными и локальными.

В настоящее время из числа основных глобальных экологических проблем ученые выделяют такие: "парниковый эффект", истощение озонового слоя, "кислотные осадки", проблему утилизации отходов, загрязнение окружающей среды, опустынивание, деградацию почвы, эрозию почвы, вырубку лесов, сокращение численности и вымирание животных, изменение климата, истощение природных ресурсов, заболеваемость населения, фотохимический смог и др.

Нерациональное природопользование человеком может приводить к экологическому кризису и экологической катастрофе. Экологическим кризисом называют экологическое неблагополучие, которое характеризуется устойчивыми отрицательными изменениями окружающей среды и представляет угрозу для здоровья людей и животных. Экологической катастрофой (экологическим бедствием) называют экологическое неблагополучие, которое характеризуется необратимыми изменениями в окружающей среде и существенным ухудшением здоровья населения.

Среди основных современных глобальных экологических проблем кратко отметим следующие:

1) парниковый эффект – представляет собой разогрев нижних слоев атмосферы Земли вследствие ее способности пропускать коротковолновую солнечную радиацию, но задерживать длинноволновое тепловое излучение земной поверхности. Атмосфера пропускает к Земле большую часть излучения Солнца, однако из-за наличия в ней парниковых газов (диоксида углерода, фреона, оксидов азота и др.) при этом существенно задерживается обратное тепловое излучение земной поверхности. Парниковые газы образуют как бы прозрачную крышу парника над планетой, и большая часть излучаемого Землей тепла возвращается обратно. При этом происходит накопление тепловой энергии слоях атмосферы вблизи поверхности Земли тем интенсивнее, чем больше в них концентрация парниковых газов. Для человечества и всего живого на планете отрицательные последствия парникового эффекта заключаются в повышении уровня Мирового океана в результате таяния льдов, увеличении количества осадков,

изменении направлений ветров, океанических течений, повышении температуры, потеплении климата и др.;

2) кислотные осадки – это любые атмосферные осадки (дожди, туманы, снег), кислотность которых превышает нормальную. Кислотные свойства среды определяются ионами водорода – с ростом концентрации водородных ионов в растворе растет его кислотность. Для классификации концентрации ионов водорода применяют единицы водородного показателя – pH. Шкала pH изменяется от 0 (крайне высокая кислотность) через 7 (нейтральная среда) до 14 (крайне сильная щелочность). В окружающей природе в кислотных осадках часто содержатся растворы серной, азотной и других кислот, в которые превращается влага воздуха, поглощая сернистый и другие газы, содержащиеся в воздухе. Кислотные осадки угнетают любую растительность, снижают урожайность сельскохозяйственных культур, приводят к закислению водоемов, что вызывает гибель икры, мальков, планктона, водорослей и рыб;

3) разрушение озонового слоя – слоя атмосферы с повышенным содержанием озона. Концентрация озона в нем очень низкая и толщина его небольшая. Озон поглощает коротковолновое ультрафиолетовое излучение Солнца, предохраняя живые организмы от его губительного воздействия. Считается, что основной причиной возникновения "озоновых дыр" является значительное содержание в атмосфере фреонов – высоколетучих химически инертных у земной поверхности веществ, которые широко применяются в производстве и быту в качестве хладагентов, распылителей, пенообразователей. В результате фотохимического разложения фреонов в верхних слоях атмосферы образуется оксид хлора, который интенсивно разрушает озон. Ряд ученых, однако, считают естественным происхождение "озоновой дыры", которое обусловлено естественной изменчивостью озоносферы, циклической активностью Солнца, процессами дегазации Земли и др. Истощение озонового слоя приводит к более высоким уровням ультрафиолетового излучения на поверхности Земли, что способствует увеличению случаев заболеваний раком кожи, снижению продуктивности сельскохозяйственных культур, замедлению процесса фотосинтеза в растениях и др.;

4) проблема утилизации отходов, то есть неиспользуемых остатков сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий и продуктов,

которые образуются в процессе производства продукции или ее потребления. По агрегатному состоянию отходы делятся на жидкие, твердые и газообразные. По происхождению отходы классифицируют на бытовые (коммунальные), промышленные, сельскохозяйственные, строительные, радиоактивные и др. Наиболее серьезные экологические проблемы связаны с опасными отходами, которые содержат в своем составе вещества, обладающие опасными свойствами – токсичность, взрывчатость, инфекционность, пожароопасность и т. д., и присутствуют в количестве, опасном для живых организмов и природной среды. В экологии выделяют четыре класса опасности отходов: 1 – вещества (отходы) чрезвычайно опасные, 2 – вещества (отходы) высокоопасные, 3 – умеренно опасные, 4 – малоопасные.

Отходы являются источником загрязнения атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почв и растительности. Долгое время (правда, это часто встречается и сейчас) проблема отходов решалась преимущественно их уничтожением – закапыванием или сжиганием. Увеличение загрязнения среды на первый план выводит экологически более приемлемые меры устранения отходов – их сортировку и повторное использование, то есть рециклинг, а также использование малоотходных технологий (при которых вредное воздействие на среду не превышает допустимого санитарно-гигиеническими нормами уровня, при этом часть сырья и материалов переходит в отходы, направляемые на переработку или захоронение). В настоящее время одна из основных концепций минимизации отходов в различных отраслях промышленности состоит в том, что минимизация может быть достигнута следующими способами: усовершенствованием технологических процессов в направлении сокращения количества отходов; рециклизацией отходов (особенно в процессе их образования), их переработкой в полезные побочные продукты; снижением объемов и токсичности отходов для облегчения последующего удаления и переработки.

### **Загрязнение окружающей среды**

Главным и самым распространенным видом отрицательного воздействия человека на биосферу в настоящее время является загрязнение, под которым понимают поступление в природную среду вещества и энергии (состав, свойства, местоположение или количество

которых оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду) в количествах, вредных для здоровья человека, животных, состояния растений и экосистем.

В экологии различают два разных по происхождению вида загрязнения: естественное, которое возникает в результате действий природных явлений без участия людей, и антропогенное, которое обуславливается человеческой деятельностью. Основной составной частью последнего является техногенное загрязнение, обусловленное деятельностью промышленных производств.

По агрегатному состоянию все загрязняющие вещества антропогенного происхождения подразделяются на три группы: твердые, жидкие и газообразные.

По природе загрязнителей выделяют такие виды загрязнения: биологическое (патогенные микроорганизмы, продукты генной инженерии и другие), химическое (загрязнение биосферы пестицидами, тяжелыми металлами, пластмассами, отдельными химическими веществами и элементами), физическое (шумовое, тепловое, электромагнитное, радиационное).

По территориальному (или пространственному) признаку рассматривают виды загрязнения: глобальное, региональное, локальное (на небольшой территории).

По объектам загрязнения выделяют: 1) загрязнение атмосферного воздуха; 2) загрязнение поверхностных и подземных вод (гидросферы); 3) загрязнение почв; 4) загрязнение мирового океана; 5) загрязнение околоземного космического пространства; 6) загрязнение поверхности и глубины Земли и др.

В настоящее время наиболее опасными последствиями влияния человека *на почвы* (почва – это рыхлый поверхностный слой земной коры, который образовался в результате длительного воздействия на литосферу атмосферы, воды, животных и растений. Состояние почв, грунтов имеет важнейшее значение) являются: эрозия, загрязнение химическими веществами и пестицидами, засоление, заболачивание, изъятие почв под различные сооружения. Отметим, что эрозия почвы бывает естественной (или геологической) ускоренной. Последняя возникает под влиянием антропогенной деятельности людей и часто ее называют разрушительной.

Антропогенное загрязнение *атмосферного воздуха* связано с выбросами различных загрязняющих веществ в результате деятельности людей. По своим масштабам оно существенно превосходит природное. Такое загрязнение может быть:

1) местным – характеризуется повышенным содержанием загрязняющих веществ на небольших территориях;

2) региональным – когда под его воздействие попадают большие пространства планеты;

3) глобальным – связано с изменениями во всей атмосфере.

Характер и степень загрязнения атмосферного воздуха зависит от химического состава, количества выбросов вредных веществ, от высоты, на которой осуществляются выбросы, от погодных и климатических условий, которые определяют перенос, рассеивание и превращение выбрасываемых вредных веществ. В последние десятилетия особое место среди источников загрязнения атмосферы занимает химическая промышленность. В результате деятельности химических производств в атмосферу поступает большое количество диоксида серы, сероводорода, оксидов азота, углеводородов, галогенов и других веществ. Они могут вступать в химические реакции друг с другом, образуя высокотоксичные соединения. Вместе с туманом и некоторыми другими природными явлениями в местах повышенной концентрации химических веществ возникает фотохимический смог. В последние десятилетия существенно возросли суммарные выбросы в атмосферу от автотранспорта – в разных городах их доля составляет от 45 до 85 % загрязнения воздуха. Вследствие этого около 30 % городского населения страны дышат воздухом, в котором концентрация вредных веществ превышает санитарно-гигиенические нормативы в 10 и более раз.

Наиболее значительное загрязнение *гидросферы* на планете вызывается интенсивным развитием промышленности, транспорта, перенаселением регионов планеты, то есть антропогенной деятельностью человека. При этом наиболее интенсивному антропогенному загрязнению подвергаются поверхностные воды суши. Считается, что не менее сильно в последние десятилетия загрязняются нефтяными промыслами и предприятиями горно-добывающей промышленности, шлакоотвалами и отвалами металлургических заводов, хранилищами химических отходов и удобрений, свалками, животно-

водческими комплексами, канализационными стоками населенных пунктов и подземные воды.

В настоящее время на нашей планете главными источниками загрязнения гидросферы являются: 1) хозяйственные и бытовые сточные воды; 2) промышленные сточные воды; 3) водный транспорт; 4) сельскохозяйственные поля; 5) крупные животноводческие комплексы и фермы; 6) утечки нефти и нефтепродуктов; 7) стоки с территорий населенных пунктов и промышленных площадок; 8) дренажные воды с орошаемых земель.

Основными видами загрязнений гидросферы считаются: механическое, физическое, химическое, органическое, биологическое, тепловое, радиоактивное.

В последние годы в связи с быстрым ростом некоторых отраслей промышленности и увеличением народонаселения на планете очень острой стала проблема загрязнения морей и океанов.

Одной из важнейших проблем становится задача обеспечения населения качественной пресной водой.

### **Международное сотрудничество по охране природной среды**

Международное сотрудничество в решении глобальных экологических проблем осуществляется на правительственном и неправительственном уровнях в рамках межгосударственных соглашений, международных программ ООН, ЮНЕСКО и другие, различных программ и проектов по экологии, которые осуществляются частными и государственными экологическими фондами. Они направлены на объединение усилий государств, частных лиц и общественных организаций на преодоление глобальных экологических проблем на нашей планете. Международное сотрудничество по охране окружающей природной среды регулируется международным экологическим правом, в основе которого лежат общепризнанные принципы и нормы. В последние годы приоритетность экологического фактора в межгосударственных отношениях является высокой и постоянно возрастает, что обусловлено растущим ухудшением состояния окружающей среды.

Объекты международного сотрудничества в области охраны окружающей природной среды делятся на несколько групп. Обычно выделяют национальные и международные объекты. К национальным

(или внутригосударственным) относятся недра, земля, воды, животный и растительный мир, которые находятся на территории данного государства. К международным объектам охраны окружающей среды относятся: атмосферный воздух, Мировой океан, Арктика, Антарктида, околоземный космос и другие, которые не входят в юрисдикцию государств и не являются чьим-либо национальным достоянием. Эти объекты осваиваются и охраняются на основании принципов международного сотрудничества, задекларированных в различных конвенциях, договорах, протоколах и других документах, отражающих совместные усилия международного сообщества.

### **Экологическое образование**

Как показывает история развития человеческого общества, его преобразующее воздействие на природу является неизбежным, оно возрастает с ростом численности населения на планете, в результате научно-технического прогресса, увеличения числа и массы веществ, вовлекаемых в промышленный и хозяйственный оборот.

Бесконтрольное использование ресурсов природы без необходимых мер их защиты и возможности восстановления, интенсивное и постоянно растущее загрязнение природной среды приводят к непоправимым и часто необратимым изменениям в природе, катастрофическим изменениям в биосфере. Поэтому обеспечение экологической безопасности всегда было актуально, а в настоящее время особенно, и является важнейшей естественнонаучной и социально-политической проблемой современности. От правильного решения этой проблемы зависит благополучие человечества, сохранение флоры и фауны на планете.

Основной задачей, которая стоит перед нынешним поколением, является сохранение гармоничных отношений человека и природы. Решение этой задачи требует ее понимания и изменения многих ранее сложившихся представлений о соизмерении человеческих ценностей, необходимости развития у каждого человека экологического сознания, экологической культуры, организации и проведения повсеместного экологического образования среди населения.

Глобальность современных экологических проблем, которые стоят перед человечеством, и невозможность их решения без их знания и понимания, без формирования экологической ответственности,

экологической культуры обуславливают актуальность экологического образования. Поэтому в последние годы интенсивное развитие экологического образования среди всех групп населения и, в первую очередь среди молодого поколения, становится актуальной задачей всех цивилизованных стран и рассматривается как одно из главных средств преодоления современного глобального экологического кризиса.

Экология как система научных и учебных дисциплин уже становится одним из главных компонентов содержания образования в XXI веке на всех этапах обучения молодежи.

### **Контрольные вопросы**

1. Определите понятие экологии как науки.
2. Назовите и проанализируйте основные задачи экологии.
3. Что понимается под средой обитания, экологическим фактором?

Приведите примеры.

4. Назовите глобальные экологические проблемы современности, их особенности.

5. Что понимается под загрязнением окружающей среды, каковы его основные виды?

6. Что понимают под живой материей в современном естествознании?

7. Что такое мутация?

8. Назовите основные признаки живой материи.

9. Из чего состоит живая материя?

10. Что является важнейшей функцией клетки?

11. Поясните связь живой и неживой материи.

12. Поясните способ существования живой и неживой материи.

13. Назовите структурные уровни организации живой материи.

14. Назовите основные концепции возникновения жизни на нашей планете.

15. Поясните концепцию исторического происхождения жизни путем биохимической эволюции.

16. Что такое точки бифуркации?

17. Поясните суть Эволюционной теории Ч. Дарвина.

18. Назовите и кратко поясните основные положения современной теории эволюции.

## Рекомендованная литература

### Основная

1. Бабушкин А. Н. Современные концепции естествознания / А. Н. Бабушкин. – СПб. : Изд. "Лань", 2000. – 208 с.
2. Балабанов В. И. Нанотехнологии: Наука будущего / В. И. Балабанов. – М. : Эксмо, 2009. – 247 с.
3. Бондарев В. П. Концепции современного естествознания : учебное пособие для студентов вузов / В. П. Бондарев. – М. : Альфа-М, 2003. – 464 с.
4. Браже Р. А. Концепции современного естествознания. Материалы к семинарским занятиям : учебное пособие / Р. А. Браже. – Ульяновск : УлГТУ, 2000. – 80 с.
5. Гольдштейн Л. Д. Электромагнитные поля и волны / Л. Д. Гольдштейн, Н. В. Зернов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд. "Советское радио", 1971. – 664 с.
6. Делоне Б. Н. Герман Минковский / Делоне Б. Н. // Успехи мат. наук, 1936 – Вып. 2. – С. 32–38.
7. Дубнищева Т. Я. Концепции современного естествознания : учебн. пособ. для студ. вузов / Т. Я. Дубнищева. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд. центр "Академия", 2003. – 608 с.
8. Карпенков С. Х. Концепции современного естествознания : учебник для вузов / С. Х. Карпенков. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 2003. – 488 с.
9. Князева Е. Н. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем / Е. Н. Князева, С. П. Курдюмов. – М. : МГУ, 1990. – 218 с.
10. Концепции современного естествознания : учебн. пособ. / под ред. Л. А. Михайлова. – СПб. : "Питер". 2008. – 290 с.
11. Липкин А. И. Основания современного естествознания / А. И. Липкин. – М. : Вузовская книга, 2001. – 514 с.
12. Миллер М. А. Волны / М. А. Миллер, Л. А. Островский. – Физическая энциклопедия. – М., 1988. – Т. 1.
13. Найдыш В. М. Концепции современного естествознания / В. М. Найдыш. – М., 1999. – 435 с.

14. Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения : учебное пособие / Б. М. Балоян, А. Г. Колмаков, М. И. Алымов и др. – М. : Высшая школа, 2007. – 125 с.
15. Пригожин И. Порядок из хаоса / И. Пригожин, И. Стенгерс – М. : Мир, 1986. – 189 с.
16. Суханов А. Д. Концепции современного естествознания / А. Д. Суханов, О. Н. Голубева. – М. : Агар, 2000. – 386 с.
17. Уайтхед А. Н. Избранные работы по философии / А. Н. Уайтхед. – М. : Прогресс, 1990. – 716 с.
18. Хакен Г. Синергетика / Г. Хакен – М. : Мир, 1980. – 256 с.
19. Черногор Л. Ф. Естествознание. Интегрирующий курс : учебное пособие / Л. Ф. Черногор. – Х. : ХНУ им. В. Н. Каразина, 2007. – 536 с.

### **Дополнительная**

20. Богданов К. Ю. Что могут нанотехнологии? / К. Ю. Богданов. – М. : Просвещение, 2009. – 187 с.
21. Вдовенков В. Ю. Интеллектуальные компоненты на основе искусственных нейронных сетей : учебное пособие Ч. 5 / В. Ю. Вдовенков, А. М. Гоков, Е. А. Жидко. – Х. : Изд. ХНЭУ, 2009. – 266 с.
22. Гоков А. М. Основы электротехники и электроники. Изделия аналоговой электроники и базовые логические элементы : учебное пособие. Ч. 3 / А. М. Гоков, Е. А. Жидко. – Х. : Изд. ХНЭУ, 2007. – 187 с.
23. Гоков А. М. Основы электротехники и электроники. Изделия цифровой электроники и электродвигатели : учебное пособие Ч. 4 / А. М. Гоков, Е. А. Жидко – Х. : Изд. ХНЭУ, 2007. – 276 с.
24. Гоков О. М. Збурення в низькотемпературній плазмі середньоширотної нижньої іоносфери, обумовлені природними джерелами : монографія / О. М. Гоков. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2010. – 176 с.
25. Горелов А. А. Концепции современного естествознания / А. А. Горелов. – М. : Центр, 1997. – 206 с.
26. Залюбовский И. И. Система Земля – атмосфера – геокосмос: основные свойства, процессы и явления / И. И. Залюбовский, Л. Ф. Черногор, В. Т. Розуменко // Космічні дослідження в Україні. 2006 – 2008. Звіт підготовлений Інститутом космічних досліджень НАНУ-НКАУ. – К., 2008. – С. 19–29.

27. Каганов В. И. Колебания и волны в природе и технике. Компьютерный курс / В. И. Каганов. – М. : Высшая школа, 2008. – 336 с.
28. Князева Е. Н. Основания синергетики. Синергетическое мировоззрение / Е. Н. Князева, С. П. Курдюмов. – М. : КомКнига, 2005. – 240 с.
29. Концепции современного естествознания / под ред. С. И. Самыгина. – 4-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д. : Феникс, 2003. – 448 с.
30. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию / Кобаяси Н. – М. : БИНОМ – Лаборатория знаний, 2008. – 216 с.
31. Нанотехнологии. Азбука для всех / под ред. Ю. Д. Третьякова. – М. : Физматлит, 2009. – 187 с.
32. Мешков И. Н. Электромагнитное поле. Электромагнитные волны и оптика. Ч. 2. / И. Н. Мешков, Б. В. Чириков. – М. : Наука, 1987. – 256 с.
33. Старостин В. В. Материалы и методы нанотехнологии / В. В. Старостин. – М. : БИНОМ – Лаборатория знаний, 2008. – 192 с.
34. Черногор Л. Ф. О нелинейности в природе и науке : монография / Л. Ф. Черногор. – Х. : ХНУ им. В. Н. Каразина, 2008. – 528 с.
35. Черногор Л. Ф. Этот нелинейный, нелинейный, нелинейный мир / Л. Ф. Черногор // Наука и техника. – 2009. – № 11(42). – С. 10–17.
36. Черногор Л. Ф. Космос, Земля, человек: актуальные проблемы / Л. Ф. Черногор. – Х. : ХНУ им. В. Н. Каразина, 2010. – 192 с.
37. Чешко В. Ф. Общая биология. Химические компоненты живого и клеточная теория / В. Ф. Чешко, Р. И. Назарова. – Х. : ХГТУСА, 2004. – 108 с.

## **Ресурсы сети Интернет**

38. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [www.e-reading.org.ua/bookreader.php/133233/Mihai-ilov\\_-\\_Konceptcii\\_sovremennogo\\_estestvoznaniya.html](http://www.e-reading.org.ua/bookreader.php/133233/Mihai-ilov_-_Konceptcii_sovremennogo_estestvoznaniya.html).
39. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.mpsda.ru/data/227/627/1234/Садохин%20-А.П.pdf>.
40. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.e-college.ru/xbooks/xbook198/book/index/index.html>.

# Содержание

<b>Введение</b> .....	3
<b>Раздел 1. Естественнонаучные основы представлений об окружающей действительности</b>	
<b>1. Основы концепций современных представлений детерминированной физической картины макромира</b> .....	9
1.1. Естествознание как отрасль научного познания окружающего мира ..	9
1.2. Современное понимание научности .....	12
1.2.1. Основные понятия научности .....	12
1.2.2. Научная картина мира .....	15
1.2.3. Научная парадигма .....	17
1.2.4. Специфика естествознания в системе наук и в исследовании природы .....	18
1.2.5. Роль математики в естествознании .....	20
1.2.6. Естествознание и нравственность .....	21
1.3. Методы познания природы .....	22
1.4. Фундаментальные принципы и законы природы .....	24
1.4.1. Материя и движение, время и пространство .....	25
1.4.2. Принципы современной физики .....	30
1.4.3. Фундаментальные законы Ньютона .....	36
1.4.4. Фундаментальные взаимодействия материальных объектов ..	37
1.4.5. Свойства пространства – времени и законы сохранения ...	41
1.5. Практические задания .....	43
Контрольные вопросы .....	45
<b>2. Основы концепций представления статистической физической картины макромира, естественнонаучные и цивилизационные проблемы энергетики</b> .....	47
2.1. Основы естественнонаучных представлений термодинамики, статистической и молекулярной физики .....	47
2.2. Открытые системы и неравновесная термодинамика .....	52
2.3. Естественнонаучные проблемы современной энергетики .....	56
2.4. Эволюция Вселенной .....	64
2.5. Основы естественнонаучных представлений о Солнце и планете Земля .....	71
2.6. Примеры практических заданий .....	80
Контрольные вопросы .....	81

<b>3. Основы концепций представления организации материи.</b>	
<b>Колебания и волны в природе</b> .....	83
3.1. Структурные уровни организации материи .....	84
3.2. Структура атомов .....	89
3.3. Дискретность и непрерывность материи .....	94
3.4. Корпускулярно-волновой дуализм .....	96
3.5. Агрегатные состояния вещества .....	97
3.6. Колебания и волны в природе .....	100
3.6.1. Колебания .....	100
3.6.2. Волны. Волновое описание процессов .....	103
3.7. Практические задания .....	113
Контрольные вопросы .....	115
<b>4. Основы современных технологий. Концепции микро- и наномира</b> .....	117
4.1. Основные понятия о технологиях .....	117
4.1.1. Понятие технологий .....	117
4.1.2. Современные и перспективные технологии .....	121
4.1.3. Понятие "технологический уклад" .....	123
4.2. Вакуум. Вакуумные технологии .....	125
4.3. Наномир и нанотехнологии .....	129
4.4. Практические задания .....	141
Контрольные вопросы .....	144
<b>Раздел 2. Естественнонаучные основы представлений об использовании достижений естествознания в информационных, коммуникационных и мультимедийных технологиях, важнейших концепций химии и биологии в практической деятельности людей</b>	
<b>5. Естественнонаучные представления, лежащие в основе цифрового, мультимедийного мира и современных коммуникационных систем</b> .....	145
5.1. Электромагнитное поле .....	145
5.2. Электромагнитные волны .....	146
5.3. Взаимодействие излучения с веществом .....	153
5.4. Основы представления информации .....	157
5.5. Основные цифровые устройства, используемые для получения, хранения, преобразования и представления двоичной информации ....	166
5.6. Визуализация данных .....	171

5.7. Передача данных .....	175
5.8. Примеры практических заданий .....	183
Контрольные вопросы .....	185
<b>6. Естественнонаучные представления, лежащие в основе перемещения информационных потоков и организации современных технологий управления .</b> .....	<b>187</b>
6.1. Введение в информационные технологии .....	187
6.2. Структура и классификация информационных систем .....	191
6.3. Некоторые современные инструменты и методы обработки и анализа информационных потоков .....	194
6.4. Понятие распределенных информационных систем .....	196
6.5. Понятие GRID-технологий .....	200
6.6. Понятие геоинформационных систем (ГИС) .....	204
6.7. Примеры практических заданий .....	209
Контрольные вопросы .....	210
<b>7. Естественнонаучные представления, лежащие в основе применения достижений химии и биологии в производстве и быту. Природа и экология</b> .....	<b>211</b>
7.1. Живая природа (материя) .....	211
7.2. Происхождение и сущность жизни .....	218
7.3. Основные положения современной теории эволюции .....	223
7.4. Основы генетики .....	226
7.5. Генетическая и клеточная инженерия .....	231
7.6. Понятие о биосфере .....	233
7.7. Биологические ритмы .....	236
7.8. Основные положения клеточной теории в концепции эволюционной биологии .....	237
7.9. Биотехнологии .....	239
7.10. Природа и экология .....	242
7.10.1. Общие сведения .....	242
7.10.2. Современные экологические проблемы .....	245
Контрольные вопросы .....	253
<b>Рекомендованная литература</b> .....	<b>254</b>

