

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Новосибирский государственный технический университет»

В.Ф. Ким, А.В. Топовский, Н.Б. Орлова.

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ
(ФИЗИЧЕСКИЕ).

Новосибирск, 2014.

Авторский коллектив: канд. физ.-мат. наук, доц. В.Ф. Ким,
канд. физ.-мат. наук, доц. А.В. Топовский,
канд. физ.-мат. наук, ст. препод. Н.Б. Орлова.

Рецензент: канд. физ.-мат. наук, доц. В.Н. Холявко,
канд. физ.-мат. наук, доц. А.В. Баранов.

Методическое пособие предназначено как для студентов-очников так и для студентов-заочников, изучающих курс «Концепции современного естествознания». В пособии даются общие методические указания по изучению курса, темы докладов и правила оформления презентации доклада; вопросы, выносимые на экзамен; основная и дополнительная литература по курсу КСЕ и балльно-рейтинговая система. Большая часть пособия представляет собой изложение основных тем, рассматриваемых в курсе КСЕ.

Работа подготовлена на кафедре прикладной и теоретической физики.

© Новосибирский государственный
технический университет, 2014 г.

Оглавление

1. Введение.....	5
Требования Федерального государственного образовательного стандарта к курсу концепции современного естествознания.	5
Методические указания.....	7
Список литературы по курсу.....	13
Вопросы для подготовки к зачету/экзамену по дисциплине "Концепции современного естествознания".....	14
Правила аттестации студентов по учебной дисциплине с итоговой аттестацией в форме зачета.	16
2. Эволюция научного метода и естественнонаучной картины мира.	20
2.1. Научный метод познания.....	20
2.2. Естественнонаучная и гуманитарная культуры.	24
2.3. История естествознания, тенденции развития.....	26
2.4. Развитие представления о материи.....	31
2.5. Развитие представлений о движении.....	34
2.6. Развитие представлений о взаимодействии.	37
3. Пространство, время, симметрия.	40
3.1. Принципы симметрии, законы сохранения.	40
3.2. Эволюция представлений о пространстве и времени.	41
3.3. Специальная теория относительности.....	43
3.4. Общая теория относительности.....	46
4. Структурные уровни и системная организация материи.	47
4.1. Микро-, макро-, мегамир.....	47
4.2. Структуры микромира.....	50
4.3. Химические системы.....	52

5. Порядок и беспорядок в природе.....	57
5.1. Классическая физика. Динамические закономерности в природе.....	57
5.2. Квантовая физика. Статистические закономерности в природе.....	58
5.3. Изолированные и закрытые системы. Принцип возрастания энтропии	62
5.4. Открытые системы. Самоорганизация. Универсальный эволюционизм.	67
6. Панорама современного естествознания.....	71
6.1. Космология	71
6.2. Общая космогония.....	73
6.3. Происхождение Солнечной системы.....	75
6.4. Геологическая эволюция	79
6.5. Происхождение жизни (эволюция и развитие живых систем)	84
6.6. Эволюция живых систем	86
6.7 История жизни на Земле и методы исследования эволюции (эволюция и развитие живых систем).....	88
6.8. Генетика и эволюция	90
7. Биосфера и человек	92
7.1. Экосистемы (многообразие живых организмов - основа организации и устойчивости живых систем).....	92
7.2. Биосфера.....	93
7.3. Человек в биосфере.....	95
7.4. Глобальный экологический кризис (экологические функции литосферы, экология и здоровье)	96
Литература.	99

1. Введение.

Требования Федерального государственного образовательного стандарта к курсу концепции современного естествознания.

Перечень компетенций бакалавра в курсе концепции современного естествознания (базовый уровень):

- Знание и понимание законов развития природы, общества и мышления и умение оперировать этими знаниями в профессиональной деятельности.
- Способность понимать и анализировать мировоззренческие, социально и лично значимые философские проблемы, использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности.
- Владение культурой мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения
- Способность понимать и анализировать мировоззренческие, социально и лично значимые философские проблемы
- Способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень.
- Способность к самостоятельному изучению новых методов исследования, к пополнению своих знаний в области современных проблем науки и техники, в том числе с использованием современных образовательных и информационных технологий.
- Владение математической и естественнонаучной культурой, как частью профессиональной и общечеловеческой культуры.
- Умение выстраивать и реализовать перспективные линии интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования.
- Проявление настойчивости в достижении цели, способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности.

- Владение социально значимыми представлениями о здоровом образе жизни, готовность к достижению и поддержанию должного физического уровня, необходимого для профессиональной и социальной деятельности.
- Владение культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения.
- Понимание роль естественнонаучных знаний для активной деятельности по охране окружающей среды, рациональному природопользованию, сохранению и развитию цивилизации.
- Способность к логически верной и аргументированной письменной и устной коммуникации, умение создавать и редактировать тексты профессионального назначения.
- Готовность к активному общению в научной, производственной и социально-общественной сфере деятельности, способность пользоваться русским и иностранным языками, как средством делового общения
- Готовность к работе в коллективе, способность проявлять инициативу, находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и нести ответственность за эти решения.

Предполагается, что результатом изучения курса КСЕ у студентов не технических направлений формирование следующих **знаний:**

- основных естественнонаучных явлений и их наиболее важных практических применений;
- основных естественнонаучных концепций, принципов, теорий, их взаимосвязи и взаимовлиянии;
- исторических аспектов развития естествознания;
- наиболее распространенных методов исследования в разных областях естествознания.
- основных философских понятий и категорий, относящихся к закономерностям развития природы, общества и мышления;

умений

- объяснять основные наблюдаемые природные и техногенные явления и эффекты с позиций фундаментальных естественнонаучных законов;
- работать с естественнонаучной литературой разного уровня (научно-популярные издания, периодические журналы), в том числе на иностранных языках
- работать с системными естественнонаучными моделями объектов профессиональной деятельности
- применять базовые философские и естественнонаучные категории и понятия в своей профессиональной деятельности;

навыков

- использования основных естественнонаучных законов и принципов в важнейших практических приложениях;
- применения основных методов естественнонаучного анализа для понимания и оценки природных явлений.
- публичной и научной речи

Методические указания.

Перечень компетенций бакалавра в курсе «Концепции современного естествознания» предполагает умение объяснять основные наблюдаемые природные и техногенные явления и эффекты с позиций фундаментальных естественнонаучных законов.

Студентам предлагается разобраться с одной из нижеперечисленных тем и представить свое понимание темы в форме краткой презентации, созданной вMicrosoftPowerPoint.

Темы презентаций намеренно перемешаны по разделам. Избитые, стандартные темы также намеренно опущены.

Темы презентаций сформулированы таким образом, чтобы не было соблазна найти в интернете готовый материал (как это было с рефератами на заданные те-

мы), отсканировать и представить преподавателю. Это снижает процент плагиата. Не надо забывать, что в НГТУ используется система «Антиплагиат» для выяснения плагиата по широко известным темам.

Формат презентаций требует краткости и ясности выражения своей мысли.

Номер темы презентации совпадает с двумя последними цифрами номера зачетной книжки.

№	Темы презентаций
00	Механика космического полета на Луну (расчет траектории полета).
01	Особенности конструкции Бугринского моста в Новосибирске.
02	Эффект Доплера и измерители скоростей автомобилей ДПС.
03	Устройство и физический принцип работы ультразвукового томографа.
04	Лазерная указка. Физические основы работы лазера.
05	Различие понятий ген, геном, генотип, фенотип.
06	Экология Новосибирска. Системы очистки воды в Новосибирске.
07	Физика действия атомной и термоядерной бомбы.
08	Закон зародышевого сходства Карла Бэра.
09	Как устроен ваш холодильник? Физический принцип работы.
10	Как устроена ваша СВЧ-печь? Физический принцип работы.
11	Как отапливают дома тепловыми насосами в прибалтийских странах?
12	Принцип работы Большого Адронного Коллайдера.
13	Как получают голограммы? Голограммы в нашей жизни.
14	Как устроена электростанция на приливных волнах?
15	Физическая природа зарождения и движения цунами.
16	Механика космического полета на Марс (расчет траектории полета).
17	Устройство трамвая и троллейбуса. Маневры на перекрестке.

18	Как разгоняют облака и вызывают дождь?
19	Какова роль кислорода в клеточном обмене?
20	Модель тектоники плит. Возникновение и распад суперконтинентов.
21	Как устроена геотермальная электростанция?
22	Физическая природа возникновения землетрясений.
23	Гольфстрим и глобальное потепление.
24	Работа двигателя внутреннего сгорания и дизельного двигателя.
25	Процессы транскрипции и репликации.
26	Конструкции и принцип работы современных «вечных двигателей».
27	Химические катализаторы в нашей жизни.
28	Как я понимаю корпускулярно-волновой дуализм?
29	Физические принципы сжижения природного газа.
30	Конструкции и работа ветряных двигателей.
31	Какие органолы в клетках я знаю? Функции органол.
32	Солнечные батареи на МКС. Принцип работы.
33	Как Ньютон открыл закон всемирного тяготения? Его вычисления.
34	Как устроены антенны в сотовом телефоне?
35	Устройство и принцип работы транспортной карты?
36	Что такое аллельные гены? Доминантный и рецессивный гены. Примеры.
37	Геологическая шкала времени. Откуда берутся миллионы лет?
38	Для чего две фазы развития насекомым?
39	Как устроена сим-карта?
40	Климат Земли. Почему Россия не Америка?

41	Что такое частица Хиггса?
42	Как вырабатывается энергия в клетках?
43	Как работает Wi-Fi? Как работает Bluetooth?
44	Иммунная система человека.
45	Опыты Галилея, произведенные с Пизанской башни.
46	Какова роль калия и магния в клеточном обмене?
47	Будущее Солнца и солнечной системы.
48	Как устроена сим-карта? Принцип работы.
49	Факты подтверждающие эволюционную теорию Дарвина.
50	Факты опровергающие эволюционную теорию Дарвина.
51	Принцип действия генератора Тесла.
52	Как происходит транспорт веществ через мембрану клеток?
53	Принципы поиска планет, подобных Земле, в других звездных системах.
54	Устройство современных эталонов времени.
55	Почему озон важен в нашей жизни?
56	Мысленные эксперименты Эйнштейна-Подольского-Розена.
57	Как я понимаю теорию биохимической эволюции?
58	Периодические химические реакции.
59	Биогенетический закон Мюллера и Геккеля. Онтогенез и филогенез.
60	Зачем Макс Планк ввел свою квантовую гипотезу?
61	Законы Вант-Гоффа и Ле-Шателье.
62	Что такое квантовое стирание? Какая физическая проблема обсуждается?
63	Сходство и различие клеток растений и животных.

64	Что такое бифуркация? Примеры из разных областей.
65	Как я понимаю принципы верификации и фальсификации? Примеры.
66	Демонстрации физических эффектов космонавтами и их объяснения.
67	Чем различаются разные типы тканей органов?
68	Как возникают цветные полосы на масляных пленках в луже?
69	Тепловое излучение. Тепловая смерть.
70	Технические приложения законов сохранения.
71	Принципы клонирования и возможные последствия.
73	Первые минуты зарождения Вселенной по теории Большого Взрыва.
74	Нейроны и гормоны. Мессенджеры – переносчики информации.
75	Энтропия. Примеры процессов, в которых изменяется энтропия.
76	Мир Птолемея и Мир Коперника.
77	Поиски следов высоких технологий древности. Экспедиции А.Склярова.
78	Специфика окислительно-восстановительных процессов в клетке.
79	Магнитное поле Земли. Солнечный ветер и магнитосфера Земли.
80	Глубина времен. Проблема датировки Туринской Плащаницы.
81	Методы измерения очень малых и очень больших расстояний.
82	Как исследование генов помогает понять историю миграции народов?
83	Использование законов сохранения импульса и энергии в нашей жизни.
84	Катализ как пример неконтролируемого воздействия в химии.
85	Модель роста населения Земли по С.П. Капице.
86	Проблема измерения береговой линии и фракталы. Фракталы в природе.
87	Что такое космические скорости? На каком основании они вычисляются?

88	Биоритм и работа органов человека.
89	Закон действующих масс в химии. Примеры.
90	Фундаментальные фермионы и фундаментальные бозоны.
91	Что утверждал Аристотель о движении и причине движения?
92	Эволюция форм жизни на Земле от анаэробных к аэробным.
93	Что такое одновременность событий? Рассуждения Эйнштейна.
94	Биоценоз, биогеноценоз, биокосное и биогенное вещества. Примеры.
95	Физические опыты Кавендиша и Кулона.
96	История человечества и экологические кризисы в прошлом и настоящем.
97	Кот Шредингера. Какая проблема физики обсуждается?
98	Строение молекул воды. Кластеры. Память воды.
99	Видовая продолжительность жизни человека. Механизмы старения.

Требования по созданию и оформлению презентаций

1. Презентация должна содержать не менее 20-ти слайдов.
2. Первый слайд должен содержать сведения об авторе работы с указанием факультета, группы, ФИО, шифра.
3. Второй слайд должен раскрывать содержание презентации. Использование кнопки навигации по содержанию приветствуется.
4. Последний слайд должен содержать ссылки на не менее 3-х использованных источников (книг, статей, интернет-ресурсов). При этом соблюдение основных правил цитирования и авторских прав обязательно.
5. Презентация – это не рекламный материал. Основные слайды должны раскрывать тему с позиций современного естествознания с использованием соответствующей терминологии, понятий, законов, формул, уравнений. Включение кратких видеороликов приветствуется.

6. Текст на слайдах должен быть хорошо виден. Самый мелкий для презентации шрифт - 18 пт (для текста) и 24 пт (для заголовков). Предпочтительные шрифты - Arial, Verdana, Tahoma. Интервал между строками – полуторный.
7. Размещение много мелкого текста на слайде категорически недопустимо! Есть негласное правило 6 на 6. Это - максимум 6 строк по 6 слов в строке. В отдельных случаях возможно отступление от этого правила. Но минимальный шрифт – 18.
8. Не увлекаться эффектами анимации, которые тормозят появление, например, заголовка. Нужна не красивость, а содержательность информации, представленной на слайде.
9. Файл с презентацией, который сдается преподавателю, должен правильно называться и содержать информацию о группе, фамилии и теме (ключевые одно-два слова темы). Например, ДТ-200_Иванова_Мост.ppt.

Несоблюдение приведенных требований приведет к снижению количества баллов, начисляемых за презентацию!

Список литературы по курсу.

1. Горбачев В. В. Концепции современного естествознания. М.: ОНИКС, 2008.
2. Дубнищева, Т. Я. Концепции современного естествознания. М.: ИЦ «Академия», 2009.
3. Кожевников, Н. М. Концепции современного естествознания. СПб. Лань, 2009.
4. Суханов, А. Д. Концепции современного естествознания. М.: Агар, 2000.
5. Горбачев, В. В. Концепции современного естествознания. Интернет-тестирование базовых знаний. СПб.: Лань, 2010.
6. Трофимова Т. И. Курс физики. М., 2006.
7. Горелов А. А. Концепции современного естествознания. М., 2010.
8. Концепции современного естествознания. Избранные темы. Новосибир. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008.
9. Карпенков С. Х. Концепции современного естествознания. М., 2007.

10. Рузавин Г. И. Концепции современного естествознания. М., 2010. - 279, с.
11. Стародубцев В.А. Концепции современного естествознания. Том. политех. ун-т. – 2-е изд., доп. – Томск, 2002.
12. Садохин А. П. Концепции современного естествознания. М.; Омега, 2008.
13. Браже Р.А. Концепции современного естествознания. Материалы к семинарским занятиям. Ч. 1, Ч. 2. Ульяновск: УлГТУ, 2003.
14. Бабушкин, А. Н. Современные концепции естествознания. СПб: Лань, 2004.
15. Воронов В. К., Гречнева М. В., Сагдеев Р. З. Основы современного естествознания. М.: Высш. шк., 1999.
16. Найдыш, В.М. Концепции современного естествознания. М.: Альфа-М, 2009.

Вопросы для подготовки к зачету/экзамену по дисциплине "Концепции современного естествознания".

1. Естественнаучный метод познания: причины возникновения, возможности, ограничения.
2. Основные этапы в развитии естествознания, становление естественнаучного метода.
3. Гуманитарный и естественно научный подходы и их единство при построении картины мира.
4. Развитие представлений о материи и движении.
5. Законы динамики Ньютона. Детерминизм Ньютона-Лапласа.
6. Законы сохранения импульса, момента импульса, энергии и их связь со свойствами симметрии пространства-времени
7. Принцип относительности в классической механике и современной физике.
8. Понятие пространства-времени в теории относительности. Преобразования инерциальных систем отсчета.
9. Развитие представлений о взаимодействии. Возникновение концепции поля (электромагнитного, гравитационного).
10. Современная научная картина мира: три формы материи — вещество, физическое поле, физический вакуум.

11. Электромагнитная картина мира: две формы материи — вещество и непрерывное электромагнитное поле
12. Динамические и статистические закономерности в природе.
13. Концепция континуума и дискретности вещества. Концептуальные основы квантовой механики.
14. Волновые свойства вещества. Корпускулярно-волновой дуализм.
15. Вероятностный характер описания состояния микрочастиц.
16. Закономерности самоорганизации сложных систем. Принципы универсального эволюционизма.
17. Возникновение понятия энтропии. Принцип возрастания энтропии.
18. Взаимосвязь энтропии и информации в живых организмах.
19. Системные уровни организации материи. Структуры микромира: частицы, атомы, ядра, молекулы.
20. Элементарные частицы и фундаментальные взаимодействия.
21. Системные уровни организации материи. Структуры макромира: Вселенная, галактики, звезды, планеты.
22. Химические системы. Особенности биологического уровня организации материи.
23. Космология. Большой взрыв. Происхождение и эволюция Вселенной.
24. Происхождение и эволюция галактик.
25. Эволюция звезды: от рождения до смерти.
26. Происхождение и эволюция Солнечной системы.
27. Современные проблемы космологии: темная материя и темная энергия.
28. Проблема живого и неживого в природе. Гипотезы возникновения жизни. История жизни на Земле и методы исследования эволюции и развития живых систем.
29. Основные положения эволюционной теории Дарвина.
30. Возникновение генетики.
31. Клетка как элементарная частица молекулярной биологии. Структура клетки и основные процессы в ней.

32. Законы генетики. Генетические основы наследственности и изменчивости организмов.
33. Возникновение экологии как науки. Физические принципы экологии.
34. Экологические системы. Глобальный экологический кризис. Экология и здоровье.
35. Физические факторы влияния Космоса на земные процессы.
36. Биосфера. Учение В. И. Вернадского о биосфере и ее развитии.
37. Человек в биосфере. Основные этапы эволюции рода Homo и его предшественников: человек умелый (Homo habilis), человек прямоходящий (Homo erectus) человек разумный (Homo sapiens).

Правила аттестации студентов по учебной дисциплине с итоговой аттестацией в форме зачета.

Рейтинг студента по курсу КСЕ складывается из рейтинга $R_{\text{тек}}$ за текущую работу в семестре и итогового рейтинга $R_{\text{итог}}$ за зачетную работу:

$$R = R_{\text{тек}} + R_{\text{итог}}$$

При этом максимальное число баллов составляет:

$$R_{\text{тек. макс}} = 80, \quad R_{\text{итог. макс}} = 20, \quad R_{\text{макс}} = 100.$$

За текущую учебную деятельность начисляется следующее число баллов

Учебная деятельность студента	Работа в аудитории (на лекциях, практических занятиях, выполнение контрольных работ)	Самостоятельная работа (подготовка реферата или РГР)
Максимальное число баллов	40	40
Минимальное число баллов	10	10

Минимальное число баллов определяет допуск к зачету. Оно соответствует нормам освоения дисциплины по Положению о балльно-рейтинговой системе (БРС) оценки достижений студентов НГТУ, которое определяет уровень оценки F шкалы ECTS («неудовлетворительно» без права пересдачи) менее 25% от полного объема работ по дисциплине.

Студенты, получившие высокие рейтинги (не ниже 90%) к 13 контрольной неделе, могут претендовать на получение дополнительного числа баллов (до 20), которые позволят им досрочно получить аттестацию по дисциплине без сдачи зачета.

Дополнительная учебная деятельность студента	Учебная работа по индивидуальному заданию преподавателя	Научная работа, участие в конференции
Максимальное число баллов	20 (суммарно)	

Итоговая аттестация студента:

1. Если с учетом работ, сверх предусмотренных основной программой освоения курса, студент набрал 90 - 100 баллов, итоговая оценка по дисциплине может быть выставлена досрочно без сдачи зачета. При этом в ведомость и зачетную книжку студента помимо записи «зачтено» выставляется уровень «А» шкалы ECTS.

2. Студенты, набравшие за текущую работу в семестре число баллов ниже минимального (0 - 19), не допускаются к зачету. Они получают оценку F - «неудовлетворительно без права пересдачи» и теряют свой текущий рейтинг. Такие студенты могут изучать курс КСЕ повторно на платной основе. После повторного изучения дисциплины студент может получить зачет с любой оценкой шкалы ECTS.

3. Студенты, набравшие за текущую работу в семестре число баллов не ниже минимального (от 20), допускаются к зачету. Форма зачета – письменная или устная – определяется преподавателем в начале семестра. Максимальное число баллов, которые студент может получить на зачете, равно 20.

По сумме текущего рейтинга (учебная работа в течение семестра) и итогового рейтинга (результаты экзаменационной работы) определяется семестровый рейтинг по курсу КСЕ и выставляется оценка в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе (БРС) оценки достижений студентов НГТУ.

Характеристика работы студента	Диапазон баллов рейтинга		Оценка ECTS	Традиционная шкала оценки	
«Отлично» - работа высокого качества, уровень выполнения отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному	90-100	98-100	A+	отлично	зачтено
		93-97	A		
		90-92	A-		
«Очень хорошо» - работа хорошая, уровень выполнения отвечает большинству требований, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному	80-89	87-89	B+	хорошо	
		83-86	B		
		80-82	B-		

«Хорошо» - уровень выполнения работы отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки	70-79	77-79	C+	хорошо	зачтено
		73-76	C		
		70-72	C-		
«Удовлетворительно» - уровень выполнения работы отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.	60-69	67-69	D+	удовлетворительно	
		63-66	D		
		60-62	D-		
«Посредственно» - работа слабая, уровень выполнения не отвечает большинству требований, теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному	50-59	50-59	E		
«Неудовлетворительно» (с возможностью пересдачи) – теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий.	25-49	25-49	FX	не удовлетворительно	не зачтено

В следующих главах пособия будут рассмотрены некоторые избранные вопросы курса концепции современного естествознания.

2. Эволюция научного метода и естественнонаучной картины мира.

2.1. Научный метод познания.

Наука — сфера человеческой деятельности, направленная на выработку и теоретическую систематизацию объективных знаний о действительности и, на этой базе, синтез новых знаний или разработка новых методов получения знаний. Не всякие знания могут быть научными. В человеческом сознании содержатся такие знания, которые не входят в систему науки и которые проявляются на уровне обыденного сознания. Чтобы знания стали научными, они должны обладать по крайней мере следующими специфическими признаками (чертами): объективность, достоверность, точность, системность.

Объективность – ни индивидуальные особенности ученого, ни его национальность или место проживания никак не представлены в конечных результатах научного познания.

Достоверность - в том смысле, что ее выводы требуют, допускают и проходят проверку по определенным, сформулированным в ней правилам.

Под **точностью** научного знания понимают степень его близости к исследуемой объективной реальности. Точность достигается использованием особого для конкретной области знания языка терминов, формул, законов.

Системность. Знания должны носить системный характер на основе определенных теоретических положений и принципов.

Основная цель науки — это получение новых знаний. Для этого всеми науками используется универсальный метод – научный метод. **Научный метод познания** — совокупность основных способов получения новых знаний и методов решения задач в рамках любой науки. Научный метод как таковой подразделяется на методы, используемые на каждом уровне исследований. Выделяются, таким образом, **эмпирические** (т.е. опытные) и **теоретические** методы.

Основными методами получения эмпирического знания в науке являются наблюдение и эксперимент. **Наблюдение** – целенаправленное восприятие явлений объективной действительности. Научное наблюдение отличается целенаправленностью (ведется для решения поставленной задачи исследования), планомер-

ностью (проводится в соответствии с планом исследования), активностью (активная позиция исследователя), отсутствием деятельности, направленной на преобразование объекта познания. (не вносить при исследовании самим процессом наблюдения какие-либо изменения в изучаемую реальность.) Результаты наблюдения фиксируются в описании. **Описание** – фиксация средствами естественного или искусственного языка сведений об объектах. Описание как метод научного исследования производится как путем обычного языка, так и специальными средствами, составляющими язык науки (символы, знаки, матрицы, графики и т. д.). Важнейшими требованиями к научному описанию являются точность, логическая строгость и простота.

Эксперимент – исследование, проводимое в специально создаваемых и контролируемых условиях. Отличается от наблюдения активным взаимодействием с изучаемым объектом: исследователь сам вызывает изучаемое явление, а не ждёт когда оно произойдет; может изменять условия протекания изучаемого процесса; в эксперименте можно попеременно исключать отдельные условия с целью установить закономерные связи; эксперимент позволяет варьировать количественное соотношение условий и осуществлять математическую обработку данных. Одно из главных требований к эксперименту – его воспроизводимость. Обычно эксперимент проводится в рамках научного исследования и служит для проверки гипотезы.

Во время эксперимента и наблюдения происходит измерение. **Измерение** – это определение количественных характеристик объектов с использованием специальных технических устройств и единиц измерения. **Сравнение** – сопоставление объектов по похожим свойствам.

К теоретическим методам относятся:

Абстрагирование— метод познания, при котором происходит мысленное отвлечение и отбрасывание тех предметов, свойств и отношений, которые затрудняют рассмотрение объекта исследования в "чистом" виде, необходимом на данном этапе изучения.

Формализация – особый подход в научном познании, который заключается в использовании специальной символики, позволяющей отвлечься от изучения реальных объектов и оперировать вместо этого некоторым множеством символов (знаков). Голое математическое уравнение еще не представляет физической теории, чтобы получить физическую теорию, необходимо придать математическим символам конкретное эмпирическое содержание. Поучительным примером формально полученного и напервый взгляд «бессмысленного» результата, который обнаружил впоследствии весьма глубокий физический смысл, являются решения уравнения Дирака, описывающего движение электрона.

Аксиоматизация – построение теорий на основе аксиом (утверждений, доказательства, истинности которых не требуется). Из исходных общих положений (аксиом) логически выводятся следствия в виде лемм, теорем и законов. Впервые аксиоматический метод успешно применил Евклид.

Гипотетико-дедуктивный метод – заключающийся в выдвижении гипотез и проверке этих гипотез путем вывода (дедукции) из них следствий, которые можно проверить экспериментом. Очевидно, что из подтверждения следствий можно сделать заключение об увеличении степени вероятности проверяемой гипотезы. Чем больше число следствий, причем разнообразных по своему характеру, находит подтверждение, тем выше вероятность проверяемой гипотезы. И.Ньютон создавая теорию классической механики использовал этот метод. Гипотезами являлись три основных закона движения. Из этих основных законов движения с помощью правил логики и математики могут быть получены в качестве следствий все основные результаты классической механики, в частности, законы движения земных тел, установленные Г.Галилеем.

Существуют еще общенаучные методы, применяемые и на эмпирическом и теоретическом уровнях познания:

Анализ- разделение объекта на части с целью их отдельного изучения. В качестве частей могут выступать свойства, признаки, отношения объекта. В современной науке анализ является первым этапом процесса познания.

Для постижения объекта как единого целого нельзя ограничиваться изучением лишь его составных частей. В процессе познания необходимо вскрывать объективно существующие связи между ними, рассматривать их в совокупности, в единстве. Осуществить этот второй этап в процессе познания — перейти от изучения отдельных составных частей объекта к изучению его как единого связанного целого - возможно только в том случае, если метод анализа дополняется другим методом - синтезом.

Синтез - фактическое или мысленное воссоединение целого из частей, элементов, сторон и связей, выделенных с помощью анализа. С помощью синтеза мы восстанавливаем предмет как конкретное целое во всем многообразии его проявлений.

Индукция - метод исследования и способ рассуждения, в котором общий вывод о свойствах предметов и явлений строится на основе отдельных фактов или частных посылок.

Дедукция - это переход от общих рассуждений или суждений к частным. Вывод новых положений с помощью законов и правил логики.

Моделирование - изучение объекта путем создания и исследования его модели (копии), замещающей оригинал, с определенных сторон, интересующих исследователя.

Любое научное исследование начинается с выдвижения проблемы. В свою очередь, наличие проблемы при осмыслении необъяснимых фактов влечет за собой предварительный вывод, требующий своего экспериментального, теоретического и логического подтверждения. Такого рода предположительное знание, истинность или ложность которого еще не доказана, называется научной гипотезой. **Гипотеза** — это знание в форме предположения, сформулированного на основе ряда достоверных фактов.

По своему происхождению гипотетическое знание носит вероятностный, а не достоверный характер и поэтому требует обоснования и проверки. Если в ходе проверки содержание гипотезы не согласуется с эмпирическими данными, то гипотеза отвергается. Если же гипотеза подтверждается, то можно говорить о той или иной

степени вероятности гипотезы. Чем больше фактов, подтверждающих гипотезу, найдено, тем выше ее вероятность. Таким образом, в результате проверки одни гипотезы становятся теориями, другие уточняются и конкретизируются, а третьи отбрасываются как заблуждения, если их проверка дает отрицательный результат.

Каждая, высказываемая теория, должна соответствовать ряду требованиям. Самый первый критерий - **верификация** заключается в том, что: любое утверждение, претендующее на звание научного, должно быть доказано экспериментально. Например, известно, что скорость света в вакууме равна 300 000 км\ч и не зависит от скорости движения источника и приемника света. Это утверждение составляет научный факт, поскольку оно было проведено множеством экспериментов производимых разными учеными с помощью различных методов. Вторым критерием научной истины, называется **фальсификационный критерий**: любое научное утверждение может быть опровергнуто. Это означает, что из теоретических положений должны выводиться положения, поддающиеся проверке, и должен быть возможен результат эксперимента, демонстрирующий неверность теории.

В случае своего подтверждения гипотеза становится теорией. **Теория**— это логически обоснованная и проверенная на практике система знаний, дающая целостное отображение закономерных и существенных связей в определенной области объективной реальности.

Новая теория, пришедшая на смену старой, не отрицает ее полностью, но чаще ограничивает сферу ее применимости. **Принцип соответствия** утверждает преемственность физических теорий, в частности, то, что никакая 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.

2.2.Естественнонаучная и гуманитарная культуры.

Традиционно принято разделять всю имеющуюся научную информацию на два больших раздела — на естественно-научную, в которой объединяют знания об

окружающей природе, и на гуманитарную (от лат. *humanitas* — человеческая природа), в которую включают знания о человеке, обществе и духовной жизни людей.

Естествознание — это совокупность наук о природе, которые изучают мир в его естественном состоянии. Систему естественных наук можно представить в виде иерархической лестницы, каждая ступень которой является фундаментом для следующей науки, основывающейся на данных предыдущей: физика, химия, биология, науки о Земле (геология, география, экология). Химические свойства веществ однозначно определяются физическими свойствами атомов и молекул, которые описываются в таких разделах физики, как термодинамика, электромагнетизм и квантовая физика. Биологические явления невозможно рассматривать вне связи с химическими и физическими факторами. Науки о Земле представляют собой сложнейшее сочетание физических, химических и биологических явлений и процессов. Завершает эту грандиозную пирамиду знаний о Природе космология, изучающая Вселенную как целое. Частью этих знаний являются астрономия и космогония, которые исследуют строение и происхождение планет, звезд, галактик и т.д. На этом уровне происходит новое возвращение к физике. Это позволяет говорить о циклическом, замкнутом характере естествознания, что, очевидно, отражает одно из важнейших свойств самой Природы.

В науке идут процессы дифференциации и интеграции научного знания. **Дифференциация науки** — это выделение внутри какой-либо науки более узких, частных областей исследования, превращение их в самостоятельные науки. Так, внутри физики выделились физика твердого тела, физика плазмы. **Интеграция науки** — это появление новых наук на стыках старых, процесс объединения научного знания. Примерами такого рода наук являются: физическая химия, химическая физика, биофизика, биохимия, геохимия, биогеохимия, астробиология и др.

Гуманитарные науки - дисциплины, изучающие человека в сфере его духовной, умственной, нравственной, культурной и общественной деятельности. В гуманитарных науках, в отличие от естественных наук: знание субъективно, различие этических, эстетических, религиозных и др. взглядов приводит к тому, что

осуществляется индивидуальная оценка явлений, результатом чего и является многовариантность представлений, оценок и позиций по исследуемому явлению; нестрогий образный язык; выделение индивидуальных свойств изучаемых предметов; сложность (или невозможность) верификации и фальсификации полученных знаний.

Особое место среди наук занимает **математика**. Математика — это универсальный язык естественных наук, на котором описываются параметры объектов, формулируются законы, выдвигаются гипотезы. С 17 века утвердился взгляд на научность знания как на степень его математизации.

Псевдонаука (лженаука) — деятельность или учение, осознанно или неосознанно имитирующие науку, но по сути таковыми не являющиеся. Основные отличия науки от псевдонауки заключаются в следующих положениях. Структура псевдонаучных знаний обычно не носит системного характера, а отличается фрагментарностью. В результате их обычно невозможно логично вписать в сколько-нибудь подробную картину мира. Для псевдонауки также свойственен некритический анализ исходных данных, что позволяет принимать в качестве таковых мифы, легенды, рассказы из третьих рук, пренебрежение противоречащими фактами, игнорирование тех данных, которые противоречат доказываемой концепции. Также для псевдонаучных знаний характерны следующие черты: невосприимчивость к критике, отсутствие общих законов, неverifiedируемость и нефальсифицируемость псевдонаучных данных.

2.3. История естествознания, тенденции развития.

Развитие науки носит прерывистый характер. Исследуя явления природы, ученые открывают новые законы, создаются новые теории. Происходит накопление знаний. Теории, признанные истинными, составляют научную картину мира (НКМ). **Научная картина мира** — множество теорий в совокупности описывающих известный человеку природный мир, целостная система представлений об общих принципах и законах устройства мироздания. Научная картина мира отвечает на такие фундаментальные вопросы, как: вопросы о материи; о движении;

о взаимодействии; о пространстве и времени; о причинности; о закономерности и случайности; о космологии (общем устройстве и происхождении мира). Но в течение формирования научной картины мира накапливаются противоречия и факты, не находящие объяснения. Затем происходит **научная революция**, в результате которой НКМ кардинально изменяется.

Цивилизация, а вместе с ней и наука зародилась на древнем Востоке: древний Египет, Вавилон. Наука, в современном понимании, еще отсутствовала. Имелся набор знаний, предназначенных исключительно для прикладных целей: земледелия, постройке жилищ, храмов и т.д. Вавилонская и египетская наука возникла из потребностей практики. Что касается теоретического мышления египтян и вавилонян, то оно не выходило за рамки мифологии; монополия на объяснение тайн принадлежала жрецам.

Самая первая - античная картина мира возникла в Древней Греции в VI в. до н. э. Целью науки в это время было познание ради истины, а не ради тех практических применений, которые могли из этого познания проистечь. Античная наука появилась в форме научных программ (парадигм). В них была определена цель научного познания — изучение процесса превращения первоначального Хаоса в Космос — разумно организованный и устроенный мир через поиски космического (порядкообразующего) начала. Древние греки считали, что единственным инструментом познания может быть человеческий разум, отвергая эксперимент как метод познания мира. Так была четко сформулирована **рационалистическая позиция**, позже ставшая господствующей в европейской культуре. Голова открывает сущность природных явлений, а наблюдения подтверждают. Эксперимент в античной науке не стал главным источником информации. Эксперимент нарушает жизнь природы и искажает ее познание. Применение математики при исследовании природы считалось также недопустимым, поскольку математика имеет дело с абстрактными, нематериальными понятиями, а природа конкретна.

Естествознание, вначале, было единой наукой. Разделение наук произошло значительно позднее. Первые ученые стали называться философами, люди стали

заниматься наукой не только потому, что это нужно, но и потому, что это интересно.

Уже на первом этапе возникновения науки были поставлены глубокие вопросы о строении и происхождении мира, о причине движения, о роли количественных отношений в природе и т. д. Родоначальник греческой науки Фалес Милетский (около 624–547 гг. до н. э.) и другие представители Ионийской школы: Анаксимандр (около 610–546 гг. до н. э.) и Анаксимен (около 585–525 гг. до н. э.) – выдвинули идею о материальной первооснове всех вещей, об их развитии из этой первоосновы. Именно греки (Аристарх Самосский) построили первую модель гелиоцентрической системы, поместив в центре Вселенной Солнце. И кроме того некоторые греческие философы считали, что Солнце, Земля, звезды и другие планеты – это всего на всего раскаленные камни. Размышляли греки и над вопросом строения вещества. Демокрит (460–370 гг. до н. э.), Левкипп и Эпикур (342–271 гг. до н. э.) разработали **атомистическую теорию строения материи**. Они предполагали, что вся Вселенная состоит из атомов: «существуют атомы и пустота, остальное лишь мнение». Также, Демокрит, известен тем, что дал первое и достаточно полное определение причинности. В соответствии с этим принципом любые события влекут за собой определенные следствия и в то же время представляют собой следствие из некоторых других событий, совершавшихся ранее. Он отвергал объективное существование случайности, говоря, что человек называет событие случайным, когда не знает (или не хочет узнать) причины события. Демокрит утверждает: «Ни одна вещь не возникает беспричинно, но все возникает на каком-нибудь основании и в силу необходимости».

Свое высшее развитие древнегреческая натурфилософия получила в учении **Аристотеля**, объединившего и систематизировавшего все современные ему знания об окружающем мире. По Аристотелю, материя непрерывна (**континуальна**) и «природа не терпит пустоты». Аристотель был крестным отцом физической науки. Название его книги – «Физика», посвященной исследованию природы, стало названием физической науки. Согласно Аристотелю физика, должна исследовать «первые причины» природы, ее «первые начала» и «элементы». Особое внимание

Аристотель уделил вопросу движения физических тел, положив тем самым начало изучению механического движения и формированию понятий механики (скорость, сила и т.д.). Аристотель разработал систему геоцентризма: шарообразная Земля в центре Вселенной. Мир представляет собой твёрдые кристалльно прозрачные сферы, на которых неподвижно закреплены звёзды и планеты. С крайней сферой соприкасается «перводвигатель Вселенной» (Бог). Аристотель делил весь мир на надлунный (за Луной) область вечных равномерных, совершенных движений и подлунный – область неравномерных движений.

Концепция причинно-следственных связей Аристотеля строится на понятиях целесообразности и конечной причины. Для него ход любого процесса определяется его результатом. Мыслитель воспринимает природу как единый живой организм, все части которого взаимосвязаны, и одно происходит ради другого. Так, дождь идет не потому, что сложились соответствующие метеорологические условия, а для того, что мог расти хлеб. Такой подход называется телеологизмом. Он не отрицает существование случайностей, но они носят второстепенный характер, происходят по недосмотру природы.

В последующие века церковь канонизировала учение Аристотеля, заставила считать единственно верным. Противников Аристотеля легко можно было обвинить в выступлениях против религии, против авторитета церкви, т. е. уличить в ереси. А известно, как беспощадно расправлялась церковь с еретиками.

В XVI-XVII веках, после многих веков мрачного средневековья, в естествознании произошел грандиозный скачок – научная революция. В это время было создано великое **учение Коперника**, совершившиеся коренной переворот в сознании людей. В работах Коперника было стерто различие между правильными, совершенными небесными явлениями и грубыми, беспорядочными земными явлениями. Коперник показал, что Земля — это рядовая планета, движущая наряду с другими планетами вокруг Солнца.

Отстаивал учение Коперника другой великий ученый - Галилей(1562–1642). Галилей заложил основы современного научного метода. Именно он предложил подвергать экспериментальной проверке все научные гипотезы, что кардинально

отличается от науки античности. Галилей применял математический подход к исследованию явлений природы, провозгласив, что книга природы написана на языке математики (истинное значение можно получить лишь с помощью наблюдения и опыта (эксперимента) и вооруженного математическим знанием разума). Галилей является одним из создателей классической механики.

Продолжателем Галилея, был Исаак Ньютон (1643-1727). В его гениальной работе "Математические начала натуральной философии" в 1687 году была изложена строгая логическая научная теория – классическая механика. Она была основана на трех законах движения, законе всемирного тяготения, разработанных Ньютоном и принципе относительности Галилея. При формулировке основных положений механики Ньютон применил новые, созданные им с Лейбницем, математические теории - дифференциального и интегрального исчисления. Этот математический аппарат, до настоящего времени, с успехом широко применяется практически во всех науках, в которых для решения проблемы может быть построена математическая модель, и необходимо найти её оптимальное решение.

Согласно законам Ньютона, гравитационные силы связывают все без исключения тела природы, в том числе и небесные тела. Объяснение характера движения небесных тел и даже предсказание новых планет Солнечной системы было триумфом классической механики.

Благодаря Галилею, Ньютону сформировалась **механистическая картина мира** (с XVII в до второй половины XIX века). Считалось, что все процессы во Вселенной могут быть объяснены с помощью законов механики. Микромир аналогичен макромиру, управляется одними и теми же законами. Живая и неживая природа построены из механических деталей, но имеющих разные размеры и сложность.

Но во второй половине XIX века при изучении явлений электричества и магнетизма стало ясно что эти явления не укладываются в механистическое представление. Под влиянием работ М. Фарадея (1791-1867), Дж. К. Максвелла (1831-1879) сформировалась новая картина мира – **электромагнитная картина мира**. Согласно возникшим представлениям материя существует в двух видах — в виде

вещества и в виде поля, причем между указанными видами материи имеется непреходимая грань: вещество не превращается в поле, а поле не превращается в вещество. Движение материи – это не только механическое перемещение, но и переменные электрические и магнитные поля, распространяющиеся в пространстве в виде электромагнитных волн. Но дальнейшее развитие физики показало, что электромагнитная картина мира имеет ограниченный характер. Применяя законы электромагнетизма не удавалось объяснить соотношения между полем и зарядом, устойчивость атомов, их спектры, явление фотоэффекта, излучение абсолютно черного тела. Все это свидетельствовало о необходимости возникновения новой картины мира, с помощью которой можно было бы объяснить эти явления и вскоре на смену электромагнитной пришла новая – **неклассическая картина мира**. Возникновение этой картины мира связано: с открытием Эйнштейном общей (1915-1916 гг.) и специальной (1905 г.) теории и с созданием квантовой механики (Планк, де Бройль, Шредингер, Бор, Паули и т.д.). В специальной теории относительности были пересмотрены свойства ньютоновского пространства и времени. Пространство и время связаны между собой и представляют единое четырехмерное вместилище тел. Общая теория относительности дополнила и обобщила классическую теорию тяготения Ньютона. Микромир (мира атомов, молекул и элементарных частиц), как оказалось, не подчиняется законам классической механики. Как показали эксперименты микрочастицы не подобны мельчайшим макрочастицам, каждая микрочастица обладает помимо корпускулярными (корпускула - частица), но и волновыми свойствами. Это явление получило название корпускулярно-волнового дуализма, а наука изучающая микромир – волновой механики (наиболее распространенное название – **квантовая механика**). Спецификой квантовомеханических законов является, то что они носят вероятностный характер (являются статистическими закономерностями).

2.4. Развитие представления о материи.

Первой исторически сложившейся школой философии была милетская школа ионийской философии (VI – IV века до н.э.). Представителей школы (Фалес, Анаксимандр, Анаксимен) занимали не только философские вопросы, но и

вопросы естествознания. Главной проблемой, занимавшей милетских мыслителей, был вопрос об архе (**первоначале**), из которого произошло всё существующее. У разных мыслителей эта первооснова была разной: у Фалеса – вода, у Анаксимена – воздух, у Гераклита – огонь, у Анаксимандра – апейрон (это вечное и бесконечное, находящееся в непрерывном движении единое материальное начало и источник конкретных вещей и явлений).

По-другому подошли к вопросу о строении всего сущего Левкипп, Демокрит и Эпикур, ими была сформулирована **атомистическая концепция** (IV – III века до н.э.). Согласно этой концепции, вся окружающая материя состоит из мельчайших неделимых частиц – **атомов**. Доказывая существование атомов Демокрит рассуждал так: «Если разделить, например, яблоко на две половины, затем одну из них еще на две части, и продолжать деление таким образом до тех пор, пока результат деления перестанет быть яблоком, то мельчайшая частица, которая все еще сохраняет свойство яблока является атомом яблока (т.е. неделимой частью яблока)». Согласно атомистической концепции окружающий мир состоит из непрерывно и беспорядочно движущихся в пустоте атомов. Атомы имеют разнообразную форму (они могут быть круглыми, угловатыми, с крючками и т.д.), различны по размерам и при столкновении атомов друг с другом они сцепляются в разных положениях и сочетаниях, что означает образование вещей с разным качеством (даже Земля и звезды). Атомы никогда не возникают и никогда не погибают (т.е. вечны).

Существование атомов отрицала **континуальная концепция** (концепция непрерывной материи) Аристотеля (IV век до н.э.). Эта концепция, в отличие от атомистической, признает бесконечную делимость материи. Всё окружающее является соединением материи и формы. Материя, по Аристотелю, бывает двух типов: «первая» материя (первоматерия) и «последняя» материя. Первоматерия это бесформенное, хаотическое, пассивное начало: это материал («то, из чего»). В подлунном мире, то есть в области между орбитой Луны и центром Земли первоматерия представлена в виде стихий: земли, воды, воздуха и огня. В надлунном мире, то есть в области между орбитой Луны и крайней сферой

неподвижных звёзд, все состоит из эфира - особой неуничтожимой форме перво-материи. Непосредственно же вещи состоят и возникают из уже оформленной "последней материи". Чтобы стать вещью, материя должна принять форму, некое идеальное, конструирующее, моделирующее начало, которое придает вещам определенность и конкретность. Как материя, так и форма вечны. По Аристотелю, каждая вещь — соединение материи и формы. Так, камни - материя лишь для каменного дома и вообще для того, что из них строят, но сами по себе камни - не просто материя, а неоднократно оформленная материя, это первая материя, получившая форму земли, которая получила затем, в свою очередь, форму каменности.

Вмеханистической картине мира материя - это вещество, состоящее из мельчайших, далее неделимых, абсолютно твердых движущихся частиц – атомов. **В электромагнитной картине мира** – материя состоит из вещества и непрерывного электромагнитного поля. Они строго разделены, и их превращение друг в друга невозможно. Распространяющиеся в пространстве электромагнитное поле называется **электромагнитной волной**. Электромагнитное поле состоит из электрического и магнитного поля. **Электрическое поле** – это особый вид материи, создаваемый неподвижными зарядами в окружающем пространстве и проявляющий себя по действию на другие заряды. Магнитное поле – это особый вид материи, создаваемый движущимися зарядами и проявляющий себя по действию на движущиеся заряды (ток). Электрические и магнитные поля непосредственно недоступны нашим органам чувств, обнаружить их можно по действию на неподвижные заряды или токи.

В современной научной картине мира (XX век) утверждается, что существуют различные формы материи: вещество, поле, **физический вакуум** (это состояние материи с минимальной энергией, порождающее виртуальные частицы). Вещество – это материальное образование, состоящее из взаимодействующих элементарных частиц. К настоящему времени известны четыре фундаментальных типа взаимодействий: сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное, которые передаются посредством соответствующих полей. Каждое физическое поле может быть представлено как совокупность дискретных частиц - квантов поля.

Атомы представляют собой сложный объект, состоящий из элементарных частиц, таких как протоны, нейтроны и электроны.

2.5. Развитие представлений о движении.

Движение - это любое изменение тела, предполагающее переход тела из одного состояния в другое. Движением является и перемещение тела, и его качественное изменение. Разные мыслители древности по-разному подходили к рассмотрению этого понятия. **Парменид** (VI век до н.э.) основатель Элеатской школы, утверждал, что окружающий мир статичен, а движение это всего лишь иллюзия. Особенно наглядно эта идея Парменида, была выражена его учеником – Зеноном. Он сформулировал ряд парадоксальных утверждений, называемых апориями. Самая известна апория, это апория о стреле: летящая стрела в некоторый момент времени не двигается, но находится в воздухе и не изменяет места в пространстве, и так происходит в каждый иной момент. Но время состоит из моментов, значит, стрела не может двигаться в воздухе, а находится в покое.

Противоположного мнения придерживался современник Парменида – **Гераклит**. С точки зрения Гераклита мир непрерывно изменяется. Окружающий мир представляет собой вечный процесс движения и изменения первоначала, которым по мнению Гераклита являлся огонь. Все предметы и явления природы рождаются из огня и, исчезая, вновь обращаются в огонь. Согласно его концепции, в мире нет ничего постоянного, все находится в непрерывном и необратимом движении. Известен его пример с рекой, в которую нельзя войти дважды, поскольку в каждый момент она все новая.

Движение по Аристотелю (IV век до н.э.) делится на два типа: **естественное и насильственное движение**. Естественное движение в надлунном мире это равномерное движение небесных тел по окружности. Это движение - наиболее совершенное движение, так как оно не имеет ни начала ни конца, оно вечно. В подлунном мире, существует естественное и насильственное движение. Естественное движение проявляется во врожденном стремлении всех тел к естественному месту (т.е. там, где тела окажутся в состоянии покоя). Естественное движение происходит само собой, оно не требует приложения силы. Все остальные движе-

ния, происходящие под действием внешних сил – насильственные. Аристотель считал, что для того, чтобы тело двигалось необходимо непрерывное воздействие со стороны другого тела. Движение по инерции Аристотелю было не знакомо. Основное уравнение динамики Аристотеля имело бы вид: $\vec{v} \approx \vec{F}$. Аристотель признавал наличие перводвигателя (бога), что приводит в движение другие тела.

Представления Аристотеля господствовали в естественное довольно долгое время. Во времена средневековья учение Аристотеля считалось единственно верным. Так продолжалось до XVII-XVIII веков, когда благодаря Копернику, Галилею, Ньютону и другим возникла **механистическая картина мира**, которая господствовала с XVIII по XIX века. В механистической картине мира признавался только один вид движения – механическое перемещение в пространстве и времени. В 1647 году Ньютон в своем известном труде «Математические начала натуральной философии» изложил основные идеи механистической картины мира, там же были сформулированы известные три закона механики и закон всемирного тяготения. Сразу после открытия эти законы были с успехом применимы не только для «земных тел», но для расчёта движения планет. Это позволило считать, что все процессы и явления природы можно свести к механическим движениям и описать их с помощью законов механики. Микро- и мега- миры существуют по законам механики Ньютона (или классической механики), т.е. атомы и космические тела все они движутся по законам классической механики. Попытка всюду применять законы механики привело возникновению механистического детерминизма, основанное П. Лапласом, французским математиком, физиком и философом. Детерминизм в механике заключается в следующем: если бы какое-нибудь разумное существо смогло узнать положения и скорости всех частиц в мире в некий момент, то используя уравнения классической механики, оно могло бы совершенно точно предсказать все мировые события. Такое гипотетическое существо впоследствии было названо демоном Лапласа.

Механическое движение – относительно, это значит, что оно может по-разному выглядеть для разных наблюдателей (например, пассажир автобуса покоится относительно водителя автобуса, но движется относительно человека,

ожидающего автобус на остановке). Поэтому, для того, чтобы описать механическое движение необходимо задать тело отсчета и связать с ним систему координат, кроме этого так, как движение происходит не только в пространстве, но и во времени необходимы часы. Тело отсчета, система координат и часы задают **систему отсчета**. Существуют различные системы отсчета, но в некоторых системах отсчета движение выглядит наиболее просто. Существование таких систем отсчета постулируется в **I законе Ньютона** (закон инерции):

существуют такие системы отсчета, относительно которых поступательно движущее тело сохраняет свою скорость неизменной, если на него не действуют другие тела или действие других тел скомпенсированы.

Такие системы отсчета называются инерциальными системами отсчета (ИСО). Всякая система отсчета, покоящаяся или движущаяся равномерно и прямолинейно относительно инерциальной системы отсчета, также является инерциальной.

II закон Ньютона звучит следующим образом,

ускорение движущегося тела прямо пропорционально действующей на него силе и обратно пропорционально массе тела и направлено по прямой, по которой эта сила направлена, т.е. $\vec{a} = \frac{1}{m} \vec{F}$.

Сила \vec{F} , согласно Ньютона, есть мера воздействия одного тела на другое. Ускорение \vec{a} определяется как быстрота изменения скорости. Второй закон Ньютона устанавливает, что результатом действия силы на тело является изменение его скорости (т.е. появление ускорения). Если на тело не действует сила или все силы друг друга компенсируют, то скорость тела не изменяется. Так при этом условии, если тело движется со скоростью $\vec{v} \neq 0$, то оно будет продолжать двигаться с прежней скоростью (по инерции), хотя суммарная сила, действующая на тело равна нулю. Это отличается от утверждения Аристотеля, согласно которому для того, чтобы тело двигалось с постоянной скоростью необходимо непрерывное действие силы на тело.

III закон Ньютона (закон действия и противодействия):

силы взаимодействия двух тел (материальных точек) равны по величине, противоположно направлены и действуют вдоль прямой, соединяющей эти материальные точки, т.е. $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$.

Смысл этого закона, в том, что характер действия одного тела на другое, носит характер взаимодействия. Так, например, сидя на стуле, мы действуем на стул и в тоже время стул действует на нас, с точно такой же силой, но направленной в противоположенную сторону.

В электромагнитная картина мира (XIX век) материя состоит из вещества и электромагнитного поля. В этой картине мира движение – не только перемещение вещества, но и распространение электромагнитных колебаний в пространстве в виде электромагнитной волны. Причем распространение электромагнитных волн нельзя описать на основе законов Ньютона. Уравнение электромагнитной волны и все ее свойства являются следствиями фундаментальных законов электромагнетизма – **системе уравнений Максвелла**.

2.6. Развитие представлений о взаимодействии.

Аристотель (IV век до н.э.) рассматривал взаимодействие как одностороннее воздействие движущего на движимое. Им рассматривалась передача воздействия только через контакт между телами (т.е. рассматривалась только контактная сила), что и было первоначальной формой концепции близкодействия

В классической механике (в механической картине мира XVIII – XIX века) взаимное действие тел друг на друга характеризуется силой. В основе представлений о взаимодействии, в этой теории, лежат два закона. **III закон Ньютона** (объясняющий взаимодействие двух тел): силы, с которыми действуют друг на друга взаимодействующие тела, равны по величине и противоположно направлены. Этот закон применим как для контактирующих тел, так и для взаимодействующих на расстоянии. **Закон всемирного тяготения**: два материальных тела, разделенные пространством, притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату рас-

стояния между ними и направленной вдоль прямой, соединяющей их ($F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$).

В классической механике Ньютона, при взаимодействии тел на расстоянии, принята **концепция дальнего действия**: взаимодействие материальных тел не требует материального посредника (может передаваться через пустоту); взаимодействие передается мгновенно. Закон всемирного тяготения является примером дальнего действия (непосредственного взаимодействия тел на расстоянии).

Классическая электродинамика (XIX век) (электродинамика Максвелла) – классическая теория электромагнитного взаимодействия. В электродинамике Максвелла впервые возникло представление о полевом механизме взаимодействия (**концепция ближнего действия**). Вокруг неподвижных зарядов возникает электрическое поле, а вокруг движущихся зарядов электрическое и магнитное. Согласно этой концепции ближнего действия передача взаимодействия осуществляется материальным посредником – электромагнитным полем (в частном случае – электрическим или магнитным полем). Скорость передачи воздействия – конечна. Любое воздействие на материальный объект передается от источника последовательно между точками пространства. Именно поэтому это воздействие передается за конечный промежуток времени.

В современной картине мира (XX век) формулируется представление о квантово-полевом механизме передачи взаимодействий: взаимодействие осуществляется посредником – квантами полей, передача взаимодействия основывается на концепции ближнего действия. В настоящее время известны четыре вида фундаментальных взаимодействий в природе. При любом из взаимодействий, объекты действуют друг на друга, испуская и поглощая виртуальные частицы (**виртуальными частицами** называются такие частицы, которые невозможно экспериментально обнаружить).

Сильное (ядерное) взаимодействие: ответственно за устойчивость (стабильность) атомных ядер, обеспечивая связь нуклонов в ядре, т.е. ему подвержены протоны и нейтроны.

- превосходит силы электростатического отталкивания протонов в ядре и обеспечивает силы притяжения между ними,
- является короткодействующим и сосредоточено на расстояниях, не превышающих размеры ядра атома,
- переносчиками сильного взаимодействия являются виртуальные частицы – **глюоны**.

Электромагнитное взаимодействие связывает: электроны и ядра в атомы; атомы в молекулы; молекулы – в тела.

- переносчиками электромагнитного взаимодействия являются виртуальные частицы – кванты электромагнитного поля – **фотоны**
- радиус взаимодействия не ограничен (но преобладает в области масштабов от радиуса атома до нескольких километров)

Слабое взаимодействие им обусловлены процессы радиоактивного распада атомных ядер многих изотопов (типичный пример: процесс бета-распада ядра, в ходе которого свободный нейтрон распадается на протон, электрон и электронное антинейтрино)

- радиус действия (порядка 10^{-17} м) во много раз меньше размера ядра атома,
- переносчиками являются виртуальные частицы – **промежуточные векторные бозоны** – частицы с массой, примерно в 100 раз большей массы протонов и нейтронов.

Гравитационное взаимодействие самое слабое из всех и характерно для всех материальных объектов вне зависимости от их природы, оно определяет движение планет в звездных системах, движение галактик, управляет эволюцией Вселенной

- радиус взаимодействия не ограничен,
- переносчиками гравитационного взаимодействия являются виртуальные частицы – кванты гравитационного поля – **гравитоны**

3. Пространство, время, симметрия.

3.1. Принципы симметрии, законы сохранения.

Симметрия — это неизменность (инвариантность) объекта или свойств объекта по отношению к каким-либо преобразованиям, операциям, выполненным над объектом (простейший пример: если куб повернуть на 90° , то он будет выглядеть точно так же, как и до поворота). Понятие симметрии, как неизменности свойств объекта по отношению к операциям, выполненным над объектом, можно применить к материальным объектам, физическим законам и математическим формулам.

Симметрия пространства и времени. Пространство и время обладают тремя видами симметрии, связанными с однородностью времени, с однородностью и изотропностью пространства.

Однородность пространства – выражает, тот факт, что все точки пространства равноправны и, следовательно, при параллельном переносе в пространстве замкнутой системы тел, как целого, ее физические свойства и законы движения не изменяются (например, свойства атомов на Земле и других небесных объектах одни и те же).

Изотропность пространства – связана с симметрией по отношению к поворотам. Поворот всей системы как целого, не влияет на характер протекающих в ней процессов. В этом проявляется эквивалентность всех направлений в пространстве.

Однородность времени – характеризует симметрию, относительно произвольного сдвига во времени, т.е. любой физический процесс протекает одинаковым образом, независимо от того, когда он начался. Это свойство позволяет сравнивать результаты аналогичных опытов, проведенных в разное время и предоставляет возможность выбора любого момента времени за начальный.

Среди законов естествознания выделяют законы сохранения - это законы, согласно которым числовые значения некоторых физических величин, характеризующих состояние системы, в определенных процессах не изменяются. Немецкий математик Эмми **Нетер** доказала в 1918 г. **теорему**, сущность которой заключается в утверждении, что различным симметриям физических законов соответствуют

определенные законы сохранения. Следствием *однородности* пространства является *закон сохранения импульса*. Следствием *изотропности* пространства является *закон сохранения момента импульса*. Следствием *однородности* времени является *закон сохранения энергии*.

3.2. Эволюция представлений о пространстве и времени.

Древнегреческие атомисты (Демокрит) трактовали пространство и время как инвариантные самостоятельные сущности, существующие наряду с материей и независимо от нее. Пустота существует, как материи и атомы, и необходима для перемещений и соединений атомов. Аристотель, отрицая пустоту, делает вывод, что пространство – это совокупность мест, занимаемых телами. Время всегда связано с движением и изменением, т.е. когда не происходит никаких изменений или движений, нам кажется, что и время не движется.

Ньютон развил идеи Демокрита, Аристотеля и др. до четкого представления об абсолютном пространстве и абсолютном времени, независимых друг от друга и не связанных с материей. Все происходящее во Вселенной совершается в пустом, бесконечном, неизменном и неподвижном пространстве –местилищем всех тел и процессов. Если убрать все материальные тела, пространство останется и его свойства сохранятся. Время, по Ньютону, это поток длительности, в который вовлечены все процессы. Время течет одинаково во всей Вселенной, и это течение не зависит ни от чего. На свойства пространства и времени никак нельзя повлиять, поэтому они называются **абсолютными**.

Свойства абсолютного пространства и времени.

- Пространство и время никак не зависят друг от друга.
- Пространство однородное, изотропное, трехмерное и описывается геометрией Евклида.
- Пространственные размеры покоящихся и движущихся тел – одинаковы.
- Справедлив классический закон сложения скоростей (например: скорость человека, идущего по движущемуся вагону, для наблюдателя, находящегося на

земле, складывается из скорости человека относительно вагона и скорости вагона относительно земли).

Эти представления об абсолютном пространстве и времени легли в основу классической механики и являлись неоспоримыми истинами вплоть до начала XX века, когда была открыта специальная теория относительности (СТО). Экспериментальной основой для возникновения СТО послужил знаменитый опыт Майкельсона-Морли. В то время в физике господствовало представление о невидимой субстанции, заполняющей мировое пространство – мировом эфире. В системе отсчета, в которой эфир неподвижен скорость света составляет 300000 км/с. Опыты Майкельсона – Морли, заключались в измерении скорости света в направлениях по движению и перпендикулярно направлению движения Земли вокруг Солнца. Эти опыты показали: скорость света в различных направлениях есть величина постоянная (т.е. не зависит от движения источника света), это означало нарушение классического закона сложения скоростей и неверность гипотезы «мирового эфира».

Попытка интерпретировать результаты эксперимента Майкельсона-Морли привела Альберта Эйнштейна к созданию новой физической теории – специальной теории относительности (1905 г.). СТО и созданная Эйнштейном в 1915-1916 гг. теория гравитации – общая теория относительности сформировали современное понимание пространства и времени. **Пространство и время имеют относительный характер**, так как их свойства зависят от того в какой системе отсчета находится наблюдатель.

Свойства относительного пространства и времени.

- Пространство и время неразрывно связаны между собой, т.е. составляют единое четырехмерное пространство-время.
- Вблизи тяготеющих масс (под действием сил гравитации) пространство-время «искривляется» и уже не является плоским Евклидовым пространством.
- Результаты измерений длин объектов и интервалов времен зависят от того, в какой системе отсчета они измеряются.
- Не выполняется классический закон сложения скоростей.

- Убрав из пространства все материальные объекты – исчезает пространство и время.

3.3. Специальная теория относительности.

Новая физическая теория, пересмотревшая представления о пространстве и времени, специальная теория относительности была создана несколькими учеными: Лоренцом, Пуанкаре и Эйнштейном. В сентябре 1905 г. Альберт Эйнштейн публикует свою знаменитую работу «К электродинамике движущихся тел» в которой были изложены **два постулата СТО**, являющиеся основными положениями теории:

1. **Принцип относительности** (первый постулат Эйнштейна): Все физические законы выглядят одинаково во всех инерциальных системах отсчета (ИСО). Все ИСО равноправны. Выделенной ИСО – нет.
2. **Принцип инвариантности** (постоянства) **скорости света** (второй постулат Эйнштейна): скорость света в вакууме постоянна во всех инерциальных системах отсчета и не зависит от движения источников и приемников света и равна $c=300000 \text{ км/с}=3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.

Первый постулат СТО, является обобщением принципа относительности Галилея, лежащего в основе классической механики. **Принцип относительности Галилея**: равномерное движение лаборатории (системы отсчета, связанной с телом отсчета – лабораторией) невозможно обнаружить никакими механическими опытами, проводимыми внутри нее. Принцип относительности Галилея можно сформулировать так: все законы механики выглядят одинаково во всех инерциальных системах отсчета. Отсюда следует, что все инерциальные системы отсчета эквивалентны по отношению к механическим процессам. Эйнштейн же обобщил этот принцип на все физические явления.

Из постулатов СТО следует множество различных явлений, противоречащих классической механике и нашему «здоровому смыслу». Одним из таких следствий является замедление времени. Оказывается, что длительность одного и того же

события, происходящего с телом может быть различна для разных наблюдателей, находящихся в разных ИСО. Имеет место следующее утверждение:

Продолжительность события, происходящего с телом, измеренная по часам неподвижным относительно этого тела меньше, чем длительность того же события измеренного движущимися часами (наблюдателем, движущимся относительно тела).

Это означает следующие: если по часам космонавта космическое путешествие длится один год, то по часам землянина прошло уже семь лет. Но для этого космонавту нужно лететь с огромной скоростью $2,97 \cdot 10^8$ м/с (скорость света $3 \cdot 10^8$ м/с).

Другой «удивительный» вывод из постулатов СТО называется сокращение продольных размеров, движущихся тел. Он формулируется следующим образом.

Длина отрезка в направлении движения уменьшается по сравнению с длиной отрезка, измеренного в той системе отсчета, где он неподвижен.

Это означает, что длина космического корабля, измеренная космонавтом будет, к примеру, равна, 50 метров, а если ее измерит землянин, то он получит значение в семь раз меньше, т.е. около 7 метров (скорость космического корабля прежняя - $2,97 \cdot 10^8$ м/с). Это явление, также, как и замедление времени, имеет значение только при скоростях движения близких к скорости света. Естественно, что мы в повседневной жизни пока не можем двигаться с такими скоростями, поэтому этот вывод теории относительности кажется нам таким необычным. Но это происходит на самом деле! Об этом свидетельствуют эксперименты с элементарными частицами, которые можно разогнать до очень больших скоростей. Эти частицы движутся в полном соответствии с законами СТО. В настоящее время СТО превратилась в инженерную науку, при проектировании ускорителей элементарных частиц используются формулы специальной теории относительности.

Как показала СТО, временные промежутки и пространственные интервалы (продольные размеры) – относительны (т.е. зависят от наблюдателя). Однако можно сконструировать такую величину, которая будет инвариантна т.е. будет

одинаковой для всех наблюдателей в различных ИСО. Такая величина называется **интервалом между событиями**: $\Delta s = \sqrt{c\Delta t^2 - \Delta x^2}$. Из формулы видно, что интервал включает в себя временную $c\Delta t$ и пространственную Δx характеристику материальных процессов. Таким образом СТО делает мир четырехмерным: к трем пространственным измерениям добавляется время.

Согласно СТО полная энергия тела, изолированного от внешних воздействий, равна: $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1-V^2/c^2}}$. Энергия покоящегося тела (энергия покоя) определяется по формуле: $E_0 = mc^2$. Так как скорость света очень большая величина, то из этой формулы следует, что даже покоящиеся тела имеют очень большую энергию, эта энергия состоит из энергии взаимодействия и теплового движения атомов и молекул, энергии ядерного взаимодействия и других видов энергий. Можно привести такой пример, в теле массой 1 кг. содержится $9 \cdot 10^{13}$ Дж энергии, такая же энергия выделится при полном сжигании 3000 тонн угля!!! Весь вопрос, как извлечь оттуда такую энергию?

Из формулы для энергии покоя следует **закон взаимосвязи энергии и массы**: изменение энергии в системе соответствует эквивалентному изменению массы, равному: $\Delta m = \frac{\Delta E_0}{c^2}$ (масса горячего чайника больше, чем холодного¹). Т.е. энергия и масса являются двумя, однозначно связанными, характеристиками материи. Этот закон раскрывает источник энергии, используемой ядерной энергетикой. Масса продуктов радиоактивного распада, протекающего в ядерном реакторе, меньше массы исходного вещества. Разность масс исходной и конечной (называемой *дефектом массы*), помноженная на квадрат скорости света ($\Delta E_0 = \Delta mc^2$), показывает энергию, производящуюся в ядерных реакторах.

Как уже говорилось, эффекты специальной теории относительности заметны только при движении со скоростями близкими к скорости света. При движении

¹ Но это различие масс очень и очень мало $\approx 10^{-10}$ кг.

ях со скоростями значительно меньшими скорости света, все формулы СТО переходят в формулы классической, ньютоновской механики.

3.4. Общая теория относительности.

Общая теория относительности (ОТО) была создана Альбертом Эйнштейном в 1915-1916 гг. Эта теория представляет собой теорию тяготения.

В классической механике существуют два понятия массы. Первое понятие связано со вторым законом Ньютона, оно гласит, что масса является мерой инертности тела (способность тела, препятствовать изменению своей скорости). Другая масса – гравитационная, входит в уравнение закона всемирного тяготения, и определяет силу гравитационного притяжения между телами. Одним из основных принципов СТО является **принцип эквивалентности: масса инертная и масса гравитационная равны между собой**. Этот принцип было неоднократно подтверждено экспериментально с высокой точностью.

Равенство инертной и гравитационной масс позволило Эйнштейну сделать утверждение, что: **все физические процессы в истинном поле тяготения и в ускоренной системе отсчета, при отсутствии тяготения, протекают одинаковым образом**. Часто именно это утверждение и называют **принципом эквивалентности Эйнштейна**.

Другой вывод, полученный в ОТО заключается в том, что гравитационные эффекты обусловлены не силовым взаимодействием тел (как в механике Ньютона) и полей, а деформацией упругой ткани пространства-времени под воздействием массы и энергии, присутствующей в ней материи. При этом, чем тяжелее тело, тем сильнее пространство-время «прогибается» под ним, и тем, соответственно, сильнее гравитационное поле. Масса тела, искривляя пространство-время, делает кратчайшее расстояние между двумя точками четырехмерного пространства не прямолинейным отрезком, а отрезком кривой (геодезической линией) по которой и движется пробное тело в гравитационном поле. Согласно этому положению Земля обращается вокруг Солнца подобно маленькому шарик, пущенному кататься по геодезической линии вокруг конуса воронки, образованной в результате «продавливания» четырехмерного пространства-времени тяжелым шаром –

Солнцем. То, что нам кажется силой тяжести, в ОТО является по сути чисто внешним проявлением искривления пространства-времени, а вовсе не силой в ньютоновском понимании.

Эмпирическими подтверждениями ОТО явились:

- отклонение траектории луча света от звезды, находящейся в непосредственной близости от поверхности Солнца (подтвердилось при жизни Эйнштейна при наблюдении во время солнечного затмения смещения положения звезд вблизи солнечного диска в 1919 г.),
- обнаружение красного смещения в спектрах звезд в поле тяготения,
- смещение перигелия Меркурия, вычисленная Эйнштейном на основании ОТО в 1916 г, полностью совпала с наблюдаемой в течение столетий, аномальной прецессией перигелия Меркурия

Выводы, сделанные на основе ОТО совпадают с выводами, сделанными на основе классического закона всемирного тяготения.

4. Структурные уровни и системная организация материи.

4.1. Микро-, макро-, мегамир.

В современном естествознании имеют дело с чрезвычайно большой совокупностью сильно различающихся по своему масштабу и по уровню сложности объектов. Взяв за ориентир пространственно-временной масштаб, привычный для человека, всю совокупность объектов можно условно представить тремя областями.

Микромир -это мир предельно малых, непосредственно ненаблюдаемых объектов, пространственные масштабы объектов в микромире исчисляется от 10^{-6} см и менее. Основными структурными единицами микромира являются: элементарные частицы, атомные ядра, атомы, молекулы, биологические системы, такие как нуклеиновые кислоты, белки, вирусы, бактерии, клетки.

Макромир-мир материальных объектов, соизмеримых по своим масштабам с человеком и его физическими параметрами. На этом уровне пространственные величины выражаются в миллиметрах, сантиметрах, метрах и километрах, а время

— в секундах, минутах, часах, днях и годах. Макромир представлен: веществами в различных агрегатных состояниях, живыми организмами, человеком и продуктами его деятельности. Изучение объектов микромира осуществимо в основном в рамках классического естествознания.

Мегамир-сфера огромных космических пространственных масштабов, а время существования космических объектов — миллионами и миллиардами лет. Огромные расстояния между космическими объектами вызывают необходимость ввода новых величин для измерения расстояний.

Единица измерения	Определение	Значение	Область применения
Астрономическая единица.	среднее расстояние от Земли до Солнца	1 а.е. = $1,5 \cdot 10^{11}$ м = $1,5 \cdot 10^8$ км	измерение расстояний в Солнечной системе
Световой год	расстояние, которое проходит свет за один год	1 световой год = $9,46 \cdot 10^{15}$ м = $9,46 \cdot 10^{12}$ км.	измерение межзвёздных и межгалактических расстояний
Парсек	расстояние, которое в 3,26 раз больше светового года	1 парсек = $3,1 \cdot 10^{16}$ м = $3,1 \cdot 10^{13}$ км.	измерение межзвёздных и межгалактических расстояний

Изучение объектов мегамира осуществляется астрономией, астрофизикой и космологией. Законы мегамира основаны в первую очередь на общей теории относительности.

Объектам мегамира являются: планеты, планетные системы (например, Солнечная система), звезды, галактики, скопление галактик, Метагалактика, Вселенная.

Звезды — светящиеся (газовые) космические объекты, образующиеся из газовой-пылевой среды (преимущественно водорода и гелия) в результате гравитационной конденсации. Основным источником энергии звезд являются реакции тер-

моядерного синтеза, при которых из легких ядер образуются более тяжелые (чаще всего это превращение водорода в гелий). Такие реакции происходят в недрах звезд, где температура газа достигает 10-30 млн., градусов. Такая реакция сопровождается выделением энергии. Это поддерживает высокую температуру в недрах звезды и поддерживают излучение звезд.

Планеты — небесные тела, вращающиеся вокруг Звезд, достаточно массивное, чтобы стать округлым под действием собственной гравитации, но недостаточно массивное для начала термоядерной реакции, и сумевшее очистить окрестности своей орбиты от планетезималей (объект, образованный из пыли и камня, представляющий зародыш планеты). Планеты не излучают свет, а отражают свет Звезд. Планеты Солнечной системы, двигающиеся вокруг Солнца по эллиптическим орбитам (перечислены по мере увеличения радиуса орбиты): Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, являются наиболее изученными объектами мегамира в силу близости их к Земле. В 2006 году был выделен новый класс -**карликовые планеты**, в число которых включили три объекта (Церера, Плутон и Эрида).

Галактики-системы из миллиардов звезд (не менее 1000 млрд. звезд), связанных взаимным тяготением и общим происхождением. По форме галактики условно разделяются на три типа: эллиптические, спиральные и неправильные. **Эллиптические галактики** обладают пространственной формой эллипсоида с разной степенью сжатия. Они являются наиболее простыми по структуре: распределение звезд равномерно убывает от центра. **Спиральные галактики** представлены в форме спирали, включая спиральные ветви. Это самый многочисленный вид галактик, к которому относится и наша Галактика — Млечный Путь. **Неправильные галактики** не обладают выраженной формой, в них отсутствует центральное ядро. Звезды и туманности в пределах галактики движутся довольно сложным образом: вместе с галактикой они принимают участие в расширении Вселенной; кроме того, они участвуют во вращении галактики вокруг оси. Наша Солнечная система принадлежит к галактике Млечного Пути. Млечный путь — спиралевидная галактика включающей более 100 млрд. звезд (класс гигантских

галактик). Она имеет сплюснутую форму, в центре которой находится ядро с отходящими от него спиральными «рукавами». Диаметр нашей Галактики составляет около 100 тыс., а толщина — 10 тыс. световых лет.

Метагалактика представляет собой совокупность галактик, доступных для исследования современными астрономическими методами. Согласно современным представлениям, для Метагалактики характерна ячеистая (сетчатая, пористая) структура. Это означает, что галактики распределены не равномерно, а сосредоточены вблизи границ ячеек, внутри которых галактик почти нет.

Вселенная - весь материальный мир, безграничный в пространстве, развивающийся во времени, окружающий нас. Всеобъемлющая Вселенная - это вся материя в целом, взятая во всем ее потенциально возможном пространственно-временном структурном многообразии как совокупное множество всех потенциально возможных материальных миров.

4.2. Структуры микромира

Под **элементарными частицами** можно понимать такие микрочастицы, которые невозможно расщепить на другие частицы. Во всех наблюдавшихся до сих пор явлениях каждая такая частица ведет себя как единое целое. Фундаментальные частицы - это элементарные частицы, которые на данный момент считаются бесструктурными (электрон, нейтрино, кварки и т. д.). Другие элементарные частицы (так называемые составные частицы — протон, нейтрон и т. д.) имеют сложную внутреннюю структуру, но, тем не менее, по современным представлениям, разделить их на части невозможно по причине эффекта конфинмента.

На сегодняшний день открыты сотни элементарных частиц, что требует их классификации.

Классификация частиц по времени жизни:

- **стабильные:** частицы, время жизни которых очень велико (в пределе стремится к бесконечности). К ним относятся *электроны, протоны, нейтрино*. Внутри ядер стабильны также нейтроны, но они нестабильны вне ядра;
- **нестабильные** элементарные частицы – это такие частицы, которые распадаются за счет электромагнитного и слабого взаимодействий, и время жизни ко-

торых больше 10^{-20} сек. К таким частицам относится *свободный нейтрон* (т.е. нейтрон вне ядра атома);

- **резонансы** (нестабильные короткоживущие). К резонансам относятся элементарные частицы, распадающиеся за счет сильного взаимодействия. Время жизни для них меньше 10^{-20} сек.

Классификация по величине спина:

- **фермионы** - частицы с полуцелым спином (например, электрон, протон, нейтрон, кварк);
- **бозоны** – частицы с целым спином (например, фотон, глюон, бозон Хиггса).

Классификация частиц по участию во взаимодействиях.

- **Адроны:** частицы, участвующие в сильном взаимодействии. Самые известные из них это протон и нейтрон. Все адроны состоят из **кварков**. Кварки обладают дробным электрическим зарядом: $1/3$ или $2/3$ заряда электрона или протона. Кварки не могут пребывать в свободном, не связанном друг с другом внутри элементарных частиц, состоянии. Сегодня, согласно теории, предсказывается существование шести разновидностей кварков (ароматов). Кроме того, каждому кварку приписывается особая характеристика, называемая цветом (три цвета). Каждому кварку соответствует – **антикварк** противоположенными характеристиками.
- **Лептоны:** частицы не подверженные сильному взаимодействию. Они участвуют в слабом взаимодействии, а имеющие электрический заряд участвуют и в электромагнитном взаимодействии. Лептоны – фундаментальные частицы, т.е. они не имеют внутреннего строения. На сегодняшний момент известно три поколения лептонов: первое поколение (электрон, электронное нейтрино), второе поколение (мюон, мюонное нейтрино), третье поколение (тау-лептон, тау-нейтрино).

Адроны по своему кварковому составу подразделяются, в свою очередь, на: **барионы**, состоящие из трёх кварков и **мезоны**, состоящие из одного кварка и одного антикварка. Именно из барионов построена подавляющая часть наблюдаемого нами вещества — это нуклоны, составляющие ядро атома и представленные про-

тоном и нейтроном. К мезонам относятся пионы (π -мезоны) и каоны (K-мезоны) и многие более тяжёлые мезоны.

Почти каждой элементарной частице соответствует своя античастица. **Античастица** – элементарная частица, имеет те же значения массы и спина, но отличающаяся от нее знаками других характеристик, например электрического заряда. Так для электрона античастицей будет являться позитрон с положительным зарядом. Существуют также частицы, которые не имеют античастиц, например, фотон. При взаимодействии частицы с парной ей античастицей, происходит их взаимная **аннигиляция** («уничтожение») – обе частицы прекращают свое существование, а их масса преобразуется в энергию, которая рассеивается в пространстве в виде вспышки фотонов и прочих сверхлегких частиц.

Элементарные частицы могут взаимодействовать друг с другом, при этом могут происходить превращения одних частиц в другие. При этом не должны нарушаться законы сохранения: **электрического заряда, барионного заряда** (разность между числом барионов и числом их античастиц), **энергии, импульса, момента импульса, числа лептонов** и других.

Фундаментальные частицы **кварки и лептоны** являются своего рода строительным материалом атомного ядра – кирпичиками, из которых сложена Вселенная. Эти частицы образуют все вещество во Вселенной. Другие фундаментальные частицы, которые называются **калибровочными бозонами** (гравитоны, фотоны, векторные бозоны, глюоны) являются носителями разных типов взаимодействий, удерживающих частицы вместе. Это своего рода «цемент», которым скреплена Вселенная.

Иерархический ряд физических систем: фундаментальные частицы - составные элементарные частицы - атомные ядра - атомы - молекулы - макроскопические тела.

4.3. Химические системы

Основоположником системного освоения химических знаний явился Д.И. Менделеев. Ко времени Менделеева были известны порядка 60 химических элементов. Попытки объединения элементов в группы предпринимались и до Мен-

делеева, однако не были найдены определяющие причины изменений свойств химических веществ. В основу своей классификации Менделеев положил атомный вес. Периодический закон Д.И. Менделеева (1869 - 1871 гг.) сформулирован в следующем виде: «Свойства простых тел, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от величины атомных весов элементов». Эта выявленная закономерность позволила Менделееву предсказать существование и некоторые свойства неизвестных в то время химических элементов, которые вскоре были открыты (галлий, германий, скандий).

Химический элемент - это вид атомов, обладающих одинаковым зарядом ядра, равным номеру элемента в Периодической таблице. Формой существования химических элементов в свободном виде являются простые вещества (одноэлементные). Многие химические элементы состоят из нескольких изотопов. Необходимо различать понятия химический элемент и простое вещество. Так один и тот же элемент может образовывать несколько простых веществ, например, химическому элементу кислороду – O, соответствует два простых вещества: O₂ – кислород и O₃ – озон или, другой пример, алмаз и графит образованы химическим элементом углеродом.

Атом – это наименьшая структурная единица элемента, сохраняющая его химические свойства. В химических превращениях атом сохраняет свою индивидуальность. Атом состоит из атомного ядра и электронов. Размеры атомного ядра ($\approx 10^{-15}$ м), несущего почти всю (более чем 99,9 %) массу атома, более чем в 10 тысяч раз меньше размеров самого атома ($\approx 10^{-10}$ м). Ядро состоит из положительно заряженных протонов и незаряженных нейтронов, связанных между собой при помощи сильного взаимодействия. Так как число протонов в ядре совпадает с числом электронов и заряд электрона отличается от заряда протона только знаком ($q_p = -q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл), то атом в целом оказывается электрически нейтральным. Количество протонов в ядре называется зарядовым числом – Z. Сумма числа протонов (Z) и нейтронов (N) в ядре обозначается $A = N + Z$ и называется массовым числом. Атом химического элемента -X обозначается следующим образом A_ZX . Зарядовое число (Z) определяет химические свойства соответствующего эле-

мента. Атомы, обладающие одним и тем же зарядовым числом, называются – изотопами. Известны, например, три изотопа водорода: протий ${}^1_1\text{H}$, дейтерий ${}^2_1\text{H}$ и тритий ${}^3_1\text{H}$. Природный водород состоит из этих трех изотопов, причем процентное содержание молекул протия составляет около 99,9% от всех молекул водорода.

В 1911 году английский ученый Э. Резерфорд, основываясь на результатах своих экспериментов по изучению рассеяния альфа-частиц на тонких золотых фольгах, предложил **планетарную модель атома**. Согласно этой модели, электрон вращается вокруг положительно заряженного атомного ядра, небольшого образования в котором сосредоточена почти вся масса атома. Вращение электрона вокруг ядра подобно вращению планет вокруг Солнца. Однако вскоре выяснилось, что такая простая модель противоречит законам электродинамики, из которых следует, что модель атома Резерфорда является неустойчивой системой и длительное время атом такой конструкции существовать не может. Дело в том, что движение электронов по круговым орбитам происходит с ускорением, а ускоренно движущийся заряд, согласно законам электродинамики, должен излучать электромагнитные волны. Излучение сопровождается потерей энергии. Теряя энергию, электроны должны падать по спиральной траектории на ядро, и спустя очень малое время (10^{-11} с) атом прекратит свое существование. В действительности, многие атомы устойчивы и могут существовать неограниченно долго, совершенно не излучая электромагнитные волны.

В 1913 году молодой датский ученый Нильс Бор, спасая планетарную модель, разорвал рамки классической физики и сформулировал два своих знаменитых постулата. Эти постулаты заложили основы принципиально новых теорий микромира – квантовой механики.

Первый постулат Бора заключается в следующем: электрон может двигаться вокруг ядра не по любым орбитам, а только по таким, которые удовлетворяют определенными условиям. Электроны на таких орбитах обладают определенной энергией. Когда электрон движется по одной такой орбите, то он не излучает. Таким образом, для электрона в атоме возможны не любые значения энергии, а только дискретный набор – $E_1, E_2, \dots, E_n, \dots$, как говорят, энергия квантуется.

Второй постулат Бора. Излучение электромагнитной энергии атомом происходит при переходе электрона из состояния с большей энергией (E_m) в состояние с меньшей энергией ($E_n < E_m$). При этом излучается фотон (квант электромагнитной волны) с энергией $E_\phi = E_m - E_n$.

Но теория Бора обладала рядом существенных недостатков. Во-первых, она справедлива только для одноэлектронных атомов и не работает для многоэлектронных атомов (даже в случае атома гелия, в состав которого входит 2 электрона теория Бора не применима). Во-вторых, эта теория не является ни классической, ни квантовой. В её основе лежат и утверждения, принадлежащие классической физики и утверждения, противоречащие классической физики (например, условие квантования орбит и энергий). Теория Бора являлась недостаточно последовательной и общей. Поэтому она в дальнейшем была заменена квантовой механикой, основанной на более общих и непротиворечивых исходных положениях. Сейчас известно, что постулаты Бора являются следствиями более общих квантовых законов.

В настоящее время на основе квантовой механики, удалось объяснить многие свойства многоэлектронных атомов. В частности, удалось разрешить важнейший вопрос о структуре атомов различных элементов и установить зависимость свойств элементов от строения электронных оболочек им атомов. Состояние электрона в атоме характеризуется набором четырех квантовых чисел: главного n ($n=1,2,\dots$), орбитального ℓ ($\ell=0,1,\dots,n-1$), магнитного m ($m=-\ell,\dots,-1,0,1,\dots,\ell$) и спинового m_s ($+1/2$ или $-1/2$). Заполнение электронами энергетических состояний в атоме должно происходить в соответствии с принципом Паули, который гласит: в любом атоме не может быть двух электронов, находящихся в двух одинаковых стационарных энергетических состояниях, определяемых одним и тем же набором четырех квантовых чисел (n, ℓ, m, m_s). Совокупность электронов с одним и тем же значением главного квантового числа n называется электронным слоем. Электронные слои подразделяются на оболочки. Электроны, принадлежащие одной оболочке, обладают одинаковым значением орбитального квантового числа ℓ , но различаются по значениям чисел m, m_s .

Первый электронный слой ($n=1$), в соответствии с принципом Паули, максимально может содержать только два электрона. Так в атоме водорода ($Z=1$) единственный электрон характеризуется квантовыми числами: $n=1$, $\ell=0$, $m=0$, $m_s=+1/2$. При добавлении еще одного электрона получаем атом гелия ($Z=2$), оба электрона характеризуются одинаковыми значениями чисел: n , ℓ , m , но разными числами m_s . Атомом гелия заканчивается заполнение первого слоя. Далее, начиная с атома лития ($Z=3$) происходит заполнение третьего слоя. На этом слое могут находиться максимально 8 электронов. Заполнение третьего слоя заканчивается неоном ($Z=10$). Порядок заполнения электронами оболочек определяется также принципом минимума потенциальной энергии: с возрастанием числа электронов каждый следующий электрон должен занять возможное энергетическое состояние с наименьшей энергией. Энергия увеличивается с ростом квантовых чисел n и ℓ .

Химические свойства атома, определяются строением внешней электронной оболочки. Так, инертные газы (гелий, неон и т.д.) имеют завершенную внешнюю оболочку, и поэтому атому этих элементов не взаимодействуют с другими элементами. Во внешних оболочках щелочных металлов (Li, Na, K, Rb, Cs, Fr) имеется лишь один электрон; во внешней оболочке щелочно-земельных металлов (Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra) имеется 2 электрона; галогены (F, Cl, Br, I, At) имеют внешние оболочки, в которых недостает одного электрона до оболочки инертного газа и т.д. Поэтому химические свойства (т.е. свойства образовывать химические связи с другими элементами) веществ, принадлежащих каждому из указанных классов в отдельности, схожи между собой. Таким образом, в рамках квантовой механики, получило полное объяснение, как структура атомов, так и периодичность изменения свойств химических элементов в периодической системе Д.И. Менделеева. Современная формулировка периодического закона Менделеева выглядит следующим образом: «Строение и свойства элементов находятся в периодической зависимости от заряда ядра атомов - Z и определяются периодически повторяющимися однотипными электронными конфигурациями их атомов».

5. Порядок и беспорядок в природе.

5.1. Классическая физика. Динамические закономерности в природе

В природе наблюдаются две качественно различающиеся закономерности - *динамические* и *статистические*. Классическая механика, специальная теория относительности, классическая электродинамика являются *динамическими теориями*, хорошо описывающими реальные процессы. Типичным для этих теорий описание явлений является следующее. Например, брошенный в нашу сторону волейбольный мяч **сейчас** находится над нашей головой на высоте 2 метра и летит вверх под углом 60° со скоростью 25 м/с. Где окажется мяч через 0,3 секунды (т.е. в **будущем**)? А где был мяч 0,2 секунды назад (т.е. в **прошлом**)?

Что типично здесь? Задается состояние объекта рассмотрения путем указания положения и скорости в **настоящий** момент времени $t = 0$:

$$\vec{r}(t=0) = \vec{r}_0, \quad \vec{V}(t=0) = \vec{V}_0,$$

и нас интересует состояние объекта в **будущем** ($t = t_+$) или в **прошлом** ($t = t_-$). Разумеется, вопрос должен быть поставлен корректно. Например, будет глупо спросить, а где окажется мяч через 3 часа? Или – где был мяч 45 минут назад? Сначала мы устанавливаем, что на рассматриваемый объект оказывают влияние другие объекты. В данном случае – это Земля и воздух. Затем мы обращаемся к установленным в естествознании законам влияния этих тел на рассматриваемое тело. В нашем случае – это второй закон Ньютона:

$$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{F}_3 + \vec{F}_B .$$

Решаем это уравнение и находим состояние объекта как в будущем, так и в прошлом. В пренебрежении влияния воздуха для нашего примера легко привести знакомое вам решение (величины в системе единиц СИ):

$$x(t) = 25 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{3}\right) \cdot t, \quad h(t) = 2 + 25 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) t - \frac{9,8 \cdot t^2}{2}$$

$$V_x = 25 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{3}\right), \quad V_h = 25 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) - 9,8 \cdot t$$

Подставляем $t = t_+ = 0,3$ с и получаем **будущее** состояние мяча, подставляем $t = t_- = -0,2$ с и получаем **прошлое** состояние мяча.

Таким образом в динамических теориях события, происходящие с объектами (телами или полями), оказываются связанными причинно-следственно и однозначно: прошлое обуславливает настоящее, а настоящее обуславливает будущее. Причем, если известно настоящее, то можно «предсказать» и прошлое. В этом смысле прошлое не отличается от будущего: имеется полная предопределенность событий.

Все процессы при этом оказываются **обратимы**. Если мы обратим время, ничего принципиально не изменится. Из известного прошлого мы можем найти будущее, но если бы нам было известно это будущее, то мы можем точно также найти прошлое и оно окажется прежним прошлым.

Это положение до установления законов электромагнитных явлений называлось *механистическим детерминизмом*. В свое время Лаплас выдвинул концепцию полной выводимости всего будущего Вселенной из её современного состояния с помощью законов механики. Механистический детерминизм трактовал все типы взаимосвязи и взаимодействия как механические и отрицал объективный характер случайности. Спиноза полагал, что мы называем некоторое явление случайным только лишь по причине недостатка наших знаний о нем.

Следствием механистического детерминизма является *фатализм*– учение о всеобщей предопределенности явлений и событий, которое фактически сливается с верой в божественное предопределение.

5.2. Квантовая физика. Статистические закономерности в природе

По мере углубления в изучение процессов в микромире обнаружили свойства и явления, которые совершенно невозможно интерпретировать, исходя из классического детерминизма. Самым поразительным оказалось одновременное проявление корпускулярных и волновых свойств элементов вещества и электромагнитного поля (**корпускулярно-волновые** свойства как вещества, так и поля).

В настоящее время корпускулярные свойства элементов вещества мы передаем словом *«частица»* («электрон», «протон», «нейтрон», «кварк», ...), волновые свойства элементов вещества мы передаем словами *«волны материи»* («электронная волна», «протонная волна», ...). То же самое и в отношении поля. Волновые свойства поля мы передаем словами «электромагнитное поле», «гравитационное поле», ... А корпускулярные свойства – словами «фотон», «гравитон», ... В силу такого проявления корпускулярно-волнового дуализма грань между двумя видами материи, которые были введены в классическом естествознании, оказалась стертой. Есть объект, который для удобства называются *прежним словом* «частица» (т.е. «электрон», «протон»...), но который выглядит теперь как *оборотень*: в одних условиях «частица» проявляет свойства корпускул, а в других условия проявляет свойства поля. На самом деле это весьма приблизительно, ввиду скудости нашего образного представления и недостаточного нашего понимания природы объектов. Так в явлении внешнего фотоэффекта электромагнитное поле проявляет свои корпускулярные свойства: понять явление можно лишь представив электромагнитное поле как набор корпускул – фотонов. В явлениях же *дифракции* и *интерференции* то же самое электромагнитное поле проявляет свои волновые свойства. Экспериментально многократно подтверждено, что с электронными волнами точно также происходят явления дифракции и интерференции. В существенных чертах эти волны не отличаются от поведения звуковых или электромагнитных волн. В то же время совершенно понятно, что в других условия «электроны», «протоны» проявляют свои корпускулярные свойства: они сталкиваются, отражаются, как если бы они были миллиардными шарами. Однако в микромире проявляются и ряд специфических явлений: частицы могут взаимно превращаться, аннигилировать, ...

Для описания волновых свойств частиц вещества оказалась необходима совершенно новая теория – *«квантовая механика»* или, более точно, *«волновая механика»*. При этом происходит полный пересмотр понятий и способов описания состояния частицы. Корпускулярно-волновой дуализм проявлений свойств объектов на качественном и количественном уровнях описываются принципом

дополнительности (Нильс Бор, 1927 г.) и принципом неопределенности (Вернер Гейзенберг, 1927 г.).

Принцип дополнительности: полное понимание природы объекта требует учёта как его корпускулярных, так и волновых свойств, хотя они не могут проявляться в одном и том же эксперименте; в широком смысле для полного понимания любого объекта или процесса необходимы несовместимые, но взаимодополняющие точки зрения на него; невозможны невозмущающие измерения: измерение одной величины делает невозможным измерение другой, дополнительной к ней величины.

Пример принципа неопределенности:

$$\Delta p_x \cdot \Delta x \geq \hbar$$

Чтение этого соотношения с интерпретацией величин: «Произведение неопределенности в иксовой составляющей импульса и неопределенности в координате икс больше или равно постоянной Планка аш перечеркнутое».

О чем смысл неравенства в соотношении неопределенности?

Этот вопрос чрезвычайно важен для понимания вещей. Во-первых, здесь говорится, что у рассматриваемого объекта, например, электрона **нет одновременно** точно определенного понятия «положение» - координаты x (если это так, то неопределенность $\Delta x = 0$) и точно определенного понятия «скорость» (если это так, то $\Delta V_x = 0$, а значит $\Delta p_x = 0$). Действительно, если одновременно $\Delta p_x = 0$ и $\Delta x = 0$, то соотношение неопределенностей нарушается.

Таким образом привычное нам выражение «электрон в атоме находится на таком-то расстоянии от центра ядра и имеет такую-то скорость» становится лишенным смысла. Степень бессмысленности нашего привычного представления и отображается соотношением неопределенности. Во-вторых, если вы произвели измерение скорости частицы с хорошей точностью (например, 0,1 %), то все, что вы можете сказать – это: «электрон имеет такую-то скорость с точностью 0,1 % , но есть очень большая неопределенность в том, где он находится». Вот в этом смысле электрон в атоме не обладает одновременно положением и скоростью. Понятие траектории движения частицы теряет смысл. Электрон не столько «движется»,

сколько «распространяется». Теперь уже **невозможно** классическое задание состояния объекта: «электрон в момент времени $t=0$ находится на расстоянии $7 \cdot 10^{-12}$ м от начала координат и имеет скорость $V_x = 3 \cdot 10^6$ м/с вдоль оси Ox ». Точно также нельзя задавать вопрос о том, *где* и *с какой скоростью* будет двигаться в будущем или *где* находился и *с какой скоростью* двигался электрон в прошлом. У электрона просто ни в какой момент времени нет одновременно точного положения и точного значения скорости.

В новую теорию – волновую механику – приходится вводить новое фундаментальное понятие – **амплитуда вероятности** – так называемая Ψ - функция. Сама теория становится **статистической**. Вот как выглядит основное уравнение новой механики – уравнение Шредингера (1926 г.), описывающее **эволюцию состояния** частицы:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} \right) + U\Psi = i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t}$$

Это уравнение столь же фундаментально, что и уравнение Ньютона в классической механике. Для нас сейчас важна интерпретация решения уравнения Шредингера.

Современная трактовка такова: величина $|\psi|^2 dV$ представляет собой вероятность того, что в элементе пространства dV будет обнаружена частица. То есть, если в **настоящем** времени ($t=0$) задана амплитуда вероятности $\psi(\vec{r}, t=0)$, то уравнение Шредингера позволяет вычислить амплитуду вероятности как в **будущем** ($t>0$), так и в **прошлом** ($t<0$). (Вопросы должны быть поставлены разумно.)

Вместо механистического предопределенного детерминизма вводится **статистический детерминизм**: причинно связаны лишь амплитуды вероятностей тех или иных состояний частицы, а закономерности являются статистическими.

Уравнение Шредингера (оно справедливо для нерелятивистского случая и не учитывает внутренние характеристики частиц) и уравнение волновой механики, записанное для релятивистского случая и учитывающего внутреннюю характеристику - спин частицы, содержат в себе чисто квантовые эффекты: квантование

физических величин, надбарьерное отражение, туннельный эффект и много других.

5.3. Изолированные и закрытые системы. Принцип возрастания энтропии

Все сколь-нибудь интересные объекты в нашем *макромире* содержат колоссальное число структурных единиц – атомов, молекул, ионов... Мы знаем, что в одном моле любого вещества содержится число Авогадро ($N_A = 6 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹) таких единиц. Все они находятся в постоянном хаотическом тепловом движении. Для разреженных газов, например, описание движения отдельных молекул может быть классической, детерминированной, однако весь колоссальный коллектив молекул, образующих определенное количество газа, не может быть описан динамически. Теория, описывающая тепловые явления неизбежно становится **статистической**.

В теории тепловых явлений рассматриваются три типа систем:

Изолированные системы - нет обмена рассматриваемой системы с внешней средой ни энергией, ни веществом.

Закрытые системы – есть обмен рассматриваемой системы с внешней средой энергией, но нет обмена веществом.

Открытые системы – есть обмен рассматриваемой системы с внешней средой и энергией, и веществом.

В данном разделе речь идет только об изолированных и закрытых системах.

Для описания тепловых процессов вводятся два новых, не существующих в классической механике, понятия – температура и энтропия. **Температура** T – это количественная *мера интенсивности* хаотического теплового движения. Эта величина сравнительно легко измеряемая и мы имеем неплохое представление о температуре, так как нас всюду окружают измерители температур в «человеческом» диапазоне. Однако если речь идет, например, о температуре Солнца ($T_c \approx 6000$ К), то уже возникают сложности: как и чем измерили такую высокую температуру?

Энтропия S – это количественная *мера хаотичности* теплового хаотического движения. Эта величина плохо измеримая. И мы в нашей обычной жизни не встретим ни одного прибора для измерения энтропии. В каждом случае, как правило, приходится находить отдельный способ определения энтропии.

Поэтому понятие энтропии требует дополнительно разъяснения. Австрийский физик Людвиг Больцман ввел в науку понятие *термодинамической вероятности* W , которую иногда называют также *статистическим весом*. Эта величина соответствует числу микросостояний системы, отвечающей одному и тому же макросостоянию. **Макросостояние** термодинамической системы характеризуется распределением термодинамических параметров (температуры, давления, энергии и т.д.) по объему, занимаемому системой. **Микросостояние** – это совокупность состояний всех молекул системы. Одному макросостоянию соответствует множество микросостояний, так как разные молекулы могут находиться в разных состояниях.

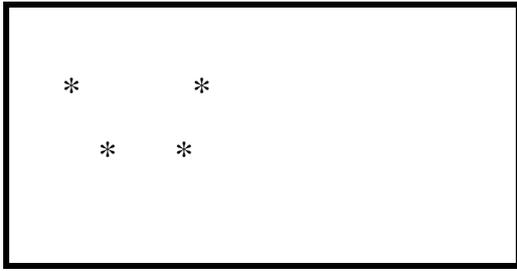
Больцман связал энтропию системы следующим соотношением:

$S = k \ln W$, где k – постоянная Больцмана. Поясним это определение на следующем примере.

Пусть имеется «газ из 4-х молекул». Рассмотрим два макросостояния этого «газа». **Макроскопическое состояние 1:** «газ» равномерно занимает весь предоставленный ему объем



Макроскопическое состояние 2: по неизвестной причине «газ» занимает лишь половину предоставленного ему объема - или левую или правую мысленно выделенные половины объема



Согласно классическим представлениям все молекулы в принципе можно различить, пронумеровать и проследить за их поведением.

Легко подсчитать статистический вес W указанных макросостояний. Для первого макросостояния имеется всего 6 способов распределения молекул по двум мысленно выделенным половинам объема. (При этом мы не учитываем возможные различные распределения молекул по скоростям движения).

№ молекул слева	1, 2	1, 3	1, 4	2, 3	2, 4	3, 4
№ молекул справа	3, 4	2, 4	2, 3	1, 4	1, 3	1, 2

Таким образом, статистический вес макросостояния 1 равен $W_1=6$, а энтропия этого состояния равна $S_1 = k \ln W_1 = k \ln 6$.

Для второго макросостояния можно насчитать лишь два способа распределения молекул по мысленно выделенным половинам объема.

№ молекул слева	1, 2, 3, 4	
№ молекул справа		1, 2, 3, 4

Таким образом, статистический вес макросостояния 2 равен $W_2=2$, а энтропия этого состояния равна $S_2 = k \ln W_2 = k \ln 2$.

Энтропия S_1 больше энтропии S_2 . То есть, энтропия состояния газа, когда молекулы равномерно распределены по всему предоставленному объему, больше

энтропии состояния, когда молекулы заняли лишь часть всего предоставленного объема. **Максимальной энтропией** и максимальной термодинамической вероятностью W обладает состояние системы с равномерным распределением молекул по всему объему. Это состояние является **равновесным**. **Равновесное состояние системы** характеризуется тем, что все термодинамические параметры (температура, давление и др.) одинаковы в любой точке системы и самопроизвольно не изменяются со временем.

Из приведенного подсчета энтропии можно сделать далеко идущие выводы, которые подтверждаются в многочисленных явлениях и экспериментах.

Но сначала о законах термодинамики - о закономерностях в тепловых явлениях, которые были установлены **феноменологически**, т.е. опытным путем. **Термодинамика** – это наука о законах превращения тепловой энергии. Тепловая энергия или тепло – это энергия, которая передаётся от одного тела к другому при их контакте. Термодинамика не рассматривает строение изучаемой системы, но опирается на огромное число опытных фактов. Поэтому выводы термодинамики имеют общий характер и не зависят от деталей строения системы.

В рассматриваемую систему можно передать некоторое количество теплоты путем теплопередачи. Это - тоже энергия, переданная системе извне. Эта энергия может пойти на увеличение внутренней энергии системы или на совершение системой механической работы. Таким образом, получаем

$$Q = \Delta U + A$$

Здесь Q - количество теплоты, сообщенное системе, ΔU - изменение внутренней энергии системы, A - работа системы над внешними телами. Эта формула выражает **первое начало** (первый закон) термодинамики. По существу, это начало является законом сохранения энергии для термодинамических процессов.

Отметим, что теплообмен в равновесных процессах непосредственно связан с изменением энтропии. Если тепло передано системе ($Q > 0$), то степень беспорядка в системе обязательно возрастает ($\Delta S > 0$):

$$Q = T \cdot \Delta S$$

При этом интенсивность беспорядка в системе, измеряемая температурой, не всегда возрастает (например, в процессе изотермического подвода тепла).

Первое начало термодинамики запрещает создание так называемого *вечного двигателя первого рода*. Вечный двигатель первого рода – это такая фантастическая машина, которая может совершать работу без внешнего источника энергии. Ещё в 1775 году Парижская Академия Наук отказалась рассматривать проекты подробных двигателей. Лишь в середине 19 века с открытием закона сохранения энергии стали понятны причины принципиальной невозможности создания вечного двигателя первого рода. В связи с этим первое начало термодинамики можно сформулировать так:

«Вечный двигатель первого рода невозможен».

Ограничения, накладываемые первым началом на термодинамические процессы, не являются единственными. Можно описать много процессов, которые не запрещены первым началом термодинамики, но никогда не происходят в природе.

Например, никто не наблюдал того, чтобы при соприкосновении горячего и холодного тела *самопроизвольно* тепло переходило от холодного тела к горячему телу, в результате чего холодное тело становилось бы все холоднее (из-за потерь энергии), а горячее тело становилось все горячее (вследствие перехода энергии от холодного тела). Такой процесс не противоречит закону сохранения энергии – первому началу термодинамики. Однако этот процесс в природе запрещен.

Казалось бы, что вполне возможно сконструировать двигатель, который черпает энергию из окружающей среды и полностью превращает её в работу - *вечный двигатель второго рода*. Однако такой двигатель принципиально невозможно построить, так как естествоиспытателями был установлен второй закон – второе начало термодинамики. **Второе начало термодинамики.** Вот одна из формулировок: **«Вечный двигатель второго рода невозможен».** Вторая формулировка: *Тепло самопроизвольно переходит от горячего тела к холодному, но не наоборот.* Третья формулировка: *в изолированной системе могут происходить лишь такие процессы, в которых энтропия либо остается постоянной, либо*

возрастает: $\Delta S \geq 0$. При этом максимальные значения энтропии достигаются в равновесном термодинамическом состоянии.

Остановимся на последней формулировке второго начала, которая имеет особое значение. В примере *газа из 4-х молекул* «работу» второго начала можно охарактеризовать следующим образом. Имеется пустой сосуд. Организуем в ней **флуктуацию** в распределении молекул: «бросим» в один угол сосуда горсть из четырех молекул и предоставим им самим себе, а сами проследим за макроскопическим состоянием газа. Так вот, второе начало утверждает, что наиболее вероятным будет процесс, в котором молекулы равномерно займут весь объем, при этом произойдет увеличение энтропии. Обратный процесс, т.е. собирание молекул в один угол, практически невероятен. Процесс прихода к равновесному состоянию **необратим**.

Открытие второго начала термодинамики привело некоторых ученых к идее **тепловой смерти Вселенной**, т.е. через некоторое достаточно большое время все термодинамические параметры во Вселенной выровняются (погаснут звезды, остынут планеты) и Вселенная превратится в безжизненную грудку камней. Это логичный вывод из равновесной термодинамики закрытых систем.

5.4. Открытые системы. Самоорганизация. Универсальный эволюционизм.

В замкнутых системах, которые рассматривались классической физикой в качестве естественных, не происходит обмена энергией и веществом с внешним миром. В таких системах тенденция протекания процессов имеет характерную направленность от упорядоченности через равновесие к хаосу. Эти системы стремятся к состоянию максимальной неупорядоченности, при котором энтропия системы максимальна. Основными характеристиками процессов в замкнутых системах являются равновесность и линейность.

Указанная направленность процессов определяет **стрелу времени**. Если настоящее – упорядочено, то будущее – не упорядочено. Вселенную ожидает Тепловая смерть. Однако многие ученые сомневаются в таком исходе. Их возражения

сводятся в основном к двум положениям. Во-первых, даже в равновесии возможны флуктуации термодинамических параметров. В огромной Вселенной такие флуктуации могут быть огромными, тем самым постоянно создавая неравновесные состояния в той или иной области пространства. Во-вторых, вряд ли Вселенную можно считать изолированной системой. Скорее, каждую область Вселенной надо рассматривать как открытую систему. Для открытых систем законы равновесной термодинамики не применимы. Более того, открытая система может вообще не иметь состояния равновесия. **Открытые системы** обмениваются энергией, веществом и информацией с внешним миром. В открытых системах при определенных условиях могут самопроизвольно возникать новые упорядоченные структуры.

Изучением открытых сильно неравновесных систем занимается новая наука - **синергетика**. Синергетика возникла на стыке физики и химии в 70-е гг. XX в., а затем приобрела статус междисциплинарного подхода. Основоположниками синергетики являются И. Пригожин и Г. Хакен. Термин «синергетика» происходит от греческого **sinergia** – сотрудничество, содействие.

Целью синергетики является выявление общих закономерностей в процессах образования, устойчивости и разрушения, упорядоченных временных и пространственных структур в сложных сильно неравновесных системах различной природы.

«Искусственное может быть детерминированным и обратимым, – пишут И. Пригожин и И. Стенгерс, – естественное же непременно содержит элементы случайности и необратимости».

Система называется **самоорганизующейся**, если она без специального воздействия извне обретает новую пространственную, временную или иную структуру. Главные свойства открытых самоорганизующихся систем – неустойчивость и нелинейность. Уравнения, описывающие такие системы, обычно имеют вид сложных нелинейных дифференциальных уравнений, решение которых, как правило, возможно лишь с использованием компьютеров. До появления компьютеров

с их мощными вычислительными возможностями исследование самоорганизующихся систем было практически нереально.

Надо сказать, что синергетика претендует на открытие универсальных механизмов самоорганизации как в живой, так и в неживой природе. Как пишет Г. Хакен, принципы самоорганизации распространяются «от морфогенеза в биологии, некоторых аспектов функционирования мозга до флаттера крыла самолета, от молекулярной физики до космических масштабов эволюции звезд, от мышечного сокращения до вспучивания конструкций».

Пример самоорганизации вполне можно наблюдать на своей кухне. Нальем на сковородку толстый слой масла и сильно нагреем. При этом при определенных условиях возникают такие потоки более горячей жидкости вверх, а менее горячей – вниз, что эти потоки упорядочиваются в пространстве в виде правильных шестиугольных ячеек – *ячеек Бенара*. В центре каждой ячейки жидкость движется вверх, а вблизи её краёв – вниз. Размеры ячеек не зависят от формы и размеров сосуда, если он достаточно большой. Видеоролики с такими опытами легко отыскать в интернете. Другой пример самоорганизации – это периодические химические реакции Белоусова-Жаботинского. Но эти реакции лучше не описывать, а наблюдать (Скачайте видеоролики с интернета).

Теория самоорганизации возникновение упорядоченности объясняет с помощью понятия энтропии. Процессы, приводящие к производству энтропии в системе, называются **диссипативными** процессами (таковы явления переноса - диффузия, теплопроводность, вязкость и т.д.). В открытых системах поток энтропии из системы может оказаться больше, чем её производство в самой системе. В результате энтропия системы начнет уменьшаться. А это означает увеличение упорядоченности. Значит система начинает перестраиваться и обретает новую пространственную, временную или иную структуру, происходит самоорганизация системы – из **хаоса** возникает **порядок**.

Синергетика объясняет механизм возникновения порядка из хаоса также в других терминах. Когда система находится в состоянии термодинамического равновесия, все ее элементы ведут себя независимо друг от друга и на создание упо-

рядоченных структур неспособны. Однако, поведение открытой системы в какой-то момент становится неоднозначным. Та точка, в которой проявляется неоднозначность процессов, называется **точкой бифуркации** (разветвления). В точке бифуркации роль внешних для системы влияний изменяется: ничтожно малое воздействие приводит к значительным и даже непредсказуемым последствиям.

Под влиянием взаимодействий с окружающей средой в открытых системах возникают так называемые *эффекты согласования и кооперации*, когда различные элементы начинают действовать в унисон. Такое согласованное поведение называют *когерентным*. Указанные эффекты приводят со временем к возникновению из хаоса новых упорядоченных структур. Открытая система извлекает порядок из окружающей среды, повышая собственную внутреннюю упорядоченность (понижение энтропии) и увеличивая хаос и беспорядок во внешнем мире (повышение энтропии).

Следует подчеркнуть, что направление развития системы после прохождения точки бифуркации оказывается непредсказуемым. Спрогнозировать будущее открытой неравновесной системы однозначно оказывается невозможным. Таким образом, ключевую роль в процессах самоорганизации играют случайные факторы.

«Будущее при нашем подходе, – пишут И. Пригожин и И. Стенгерс, – перестает быть данным; оно не заложено более в настоящем. Это означает конец классического идеала всеведения». И. Пригожин считает, что синергетический взгляд на мир меняет наше представление о случайности и необходимости, необратимости материальных процессов, трансформирует привычное представление о времени, позволяет иначе понять характер и сущность энтропийных процессов.

Синергетика утверждает, что законы самоорганизации действуют на всех уровнях материи, поэтому синергетический подход позволяет преодолеть разрыв между живой и неживой природой и объяснить происхождение жизни через самоорганизацию неорганических систем.

6. Панорама современного естествознания

6.1. Космология

Космология (от космос + логос) — физическое учение о Вселенной как едином целом. Первые научные представления о структуре Вселенной принадлежат элеатам (конец VI – первая половина V вв. до н. э. город Элея, Древняя Греция). Элеаты считали, что научное знание может быть получено только помощью разума, логики, рационального мышления, а не через наблюдение и эксперимент. Основоположителем элейской школы был, но слава Элеи связана с именами Парменида и Зенона. Вселенная (мироздание), по мнению элеатов, единственна, неподвижна, конечна, вечна и совершенна. Демокрит и Платон занимали иную позицию в вопросе о познаваемости мира, считая, что невозможно познать истину абсолютно не считаясь с наблюдением (экспериментом). По Демокриту Вселенная состоит из атомов и пустоты. Атом — неделим, совершенно плотен, непроницаем, вечен, неизменен. Атомы невозможно увидеть, они могут быть различной формы и размера. Тела состоят из скопления атомов и пустоты. По Демокриту, мир — это бесконечная пустота, наполненная отдельными мирами, из которых наш мир один и многих, ничем не выделяющейся из других.

Наиболее полная античная научная картина мира была разработана Аристотелем. Согласно Аристотелю, в мире нет пустоты, мир состоит из вещей состоящих из материи, которая состоит из первоматерии, что соединяясь с простейшими формами: теплое, холодное, сухое и влажное, образуют пять первоэлементов: эфир, огонь, воздух, вода и земля. Положение во Вселенной тела зависит от того из какого первоэлемента преимущественно оно состоит. В центре Вселенной Земля, она неподвижна и имеет шарообразную форму, и все тела, имеющие в составе землю будут стремиться в центр. Вокруг Земли располагается вода, затем воздух, далее огонь вплоть до орбиты (сферы) Луны, где кончается мир людей (подлунный мир) и начинается божественный мир (надлунный), состоящий из эфира. В божественном мире все тела непрерывно движутся по круговым орбитам, прикреплённым вращающимся сферам. Существуют сферы Луны, Меркурия, Венеры, Солнца, Марса, Юпитера, Сатурна и сфера неподвижных звезд. За последней

находится перводвигатель – Бог, который придает движение сферам. Клавдий Птолемей, основываясь на аристотелевской картине мира и наблюдениях Гиппарха, создал математическую теорию видимого движения планет, которая позволяла вычислять положения небесных тел. Птолемей в своих расчётах показал, что определяющую роль в движении планет играет Солнце, которое к тому же в несколько раз больше Земли. Однако в отличие от Аристарха Самосского Птолемей не находил достаточно оснований, для того чтобы считать центром Вселенной Солнце.

Христианская традиция во многом восприняла аристотелевскую картину мира: геоцентризм, конечность, континуальность, положение создателя. Основное отличие христианской Вселенной от аристотелевской в том, что, согласно Библии, Вселенная имеет начало, в «Бытие» описано семидневное сотворение мира Богом, и имеет конец – страшный суд, а аристотелевский мир вечен, никогда не возникал, не подвержен гибели. Такая картина мира была общепринятой до первой научной революции, ознаменовавшейся трудом Николая Коперника «О вращении небесных сфер» (1543г.), в котором центром Вселенной становится Солнце. В геоцентрической системе Коперника: все планеты движутся равномерно по круговым орбитам, центром которых является Солнце; расстояние между Землёй и Солнцем очень мало по сравнению с расстоянием между Землёй и неподвижными звёздами; движение Солнца воображаемо, и вызвано эффектом вращения Земли. Иоганн Кеплер в начале XVII века основываясь на наблюдениях великого астронома Тихо Браге вывел законы движения планет: планеты движутся по эллипсам, в одном из фокусов которых находится Солнце; это движение не равномерно. Эмпирические законы Кеплера легли в основу законов Ньютона, а значит всей современной небесной механики.

Современное представление о Вселенной. Всё вещество во Вселенной делится на видимое – материя, и невидимое – тёмная материя и тёмная энергия, о существовании которых мы можем судить только по гравитационному взаимодействию и расширению Вселенной. Тёмная материя и тёмная энергия составляет 95,1 % всего вещества вселенной. Большая часть видимого вещества заключена в

галактиках, гравитационно-связанных системах из звёзд и звёздных скоплений, межзвёздного газа и пыли, и тёмной материи. Все объекты галактики вращаются вокруг общего центра масс. Диаметр галактик — от 5 до 250 килопарсек (16—800 тысяч световых лет). Средние расстояния между галактиками в группах 10-20 раз больше размеров крупнейших галактик. 95 % массы галактики и более приходится на звёзды.

Звезда́ — излучающий свет массивный газовый шар, удерживаемый силами собственной гравитации и внутренним давлением, в недрах которого происходят (или происходили ранее) реакции термоядерного синтеза. Звёзды образуются из газовой-пылевой среды (главным образом из водорода и гелия) в результате гравитационного сжатия. Температура вещества в недрах звёзд измеряется миллионами кельвинов, а на их поверхности — тысячами кельвинов. Энергия подавляющего большинства звёзд выделяется в результате термоядерных реакций превращения водорода в гелий, происходящих при высоких температурах во внутренних областях. Большинство звезд ярко светятся просто потому, что они горячие. Их излучение — тепловое, которое, по законам физики, испускается любым нагретым телом. На стадии формирования звезда может довольно сильно нагреваться за счет энергии своего гравитационного сжатия. На основном этапе эволюции звезды высокая температура поддерживается за счет энергии термоядерных реакций, идущих в ее недрах. Наконец, когда термоядерное горючее заканчивается, звезда может еще долго светиться за счет запасов тепловой энергии, накопленной в ее раскаленных недрах. Основная характеристика любой звезды — это ее масса, которая в основном определяет и время жизни звезды, и характер ее эволюции, и светимость на разных этапах, и конечное состояние. В меньшей степени свойства звезды зависят от ее химического состава — по той простой причине, что любые химические элементы помимо водорода и гелия присутствуют в звездах как очень незначительные добавки.

6.2. Общая космогония

Космогония — учение о происхождении или о сотворении Вселенной. В основе описания Вселенной лежит космологический принцип, согласно которому каждый наблюдатель в один и тот же момент времени, независимо от места и направления наблюдения, обнаруживает во Вселенной в среднем одну и ту же картину. Иными словами равноправие всех точек пространства и отсутствие выделенного направления позволяет считать Вселенную однородной и изотропной. Однако космологический принцип выполняется на масштабах превышающих размер скопления галактик. На масштабах < 100 Мпк существует сильная неоднородность в распределении галактик. Основной химический состав Вселенной (Метегалактики): водород (H) — 75 %, гелий (He) — 23 %, кислород (O) — 1 %, углерод (C) — 0,5 %. Вселенная расширяется. Об этом говорит космологическое (метегалактическое) красное смещение (Весто Слайфер, 1912—1914), наблюдаемое для всех далёких источников, таких как галактики, квазары, понижение частот излучения, объясняемое как удаление этих источников друг от друга и, в частности, от нашей Галактики. В 1929 году Эдвин Хаббл вывел эмпирический закон, связывающий скорость удаления галактик v и расстояние до них r линейным образом: $v = H_0 r$, где постоянная Хаббла. Скоординированность поведения галактик в столь больших масштабах не может объясняться их индивидуальными свойствами. Это свойство Вселенной в целом – нестационарность. Нестационарность (в частности, расширение) Вселенной была предсказана теоретически А.А. Фридманом на основе решения уравнений общей теории относительности А. Эйнштейна, примененных ко Вселенной в целом. С помощью закона Хаббла можно примерно оценить время расширения Вселенной: $t_H = r/V = 1/H_0$, получается величина порядка 13,8 млрд. Эта величина соответствует возрасту Вселенной, рассчитываемому по стандартной космологической модели Фридмана. В 1965 г. американские радиоинженеры А. Пензиас и Р. Вилсон, испытывая новый радиотелескоп, неожиданно зарегистрировали космическое излучение, интенсивность которого не зависела от направления, и которое нельзя было приписать известным радиоисточникам. Так было открыто реликтовое излучение, оно обладает высокой степенью изотропности и с спектром, характерным для абсолютно чёрного тела с

температурой 2,72К. Реликтовое излучение низкочастотное и при дальнейшем расширении Вселенной понижает свою частоту, а следовательно температуру. Следовательно, в момент рождения Вселенная была очень горячей, по предположению Гамова начальная температура была порядка 10^{32} градусов К.

Наиболее популярная теория возникновения Вселенной – Теория Большого Взрыва. Согласно которой, Вселенная возникла в результате стремительного расширения или взрыва сверхплотного горячего вещества, обладавшего сверхвысокой температурой. Это был не обычный взрыв, который начинается из определенного центра и затем захватывает другие области пространства. Другого пространства, кроме того, которое было первоначально занято исходным веществом, не существовало, т. е. тогда это была вся, именно вся Вселенная. И начальный Большой взрыв был не расширением материи в окружающее пространство, а расширением самого пространства. Из-за действия сил отталкивания Вселенная «разгоняется» и приобретает большую кинетическую энергию, которую в дальнейшем, в последующие эпохи, мы наблюдаем в виде хаббловского расширения по инерции.

6.3. Происхождение Солнечной системы

Звезда образуется из гравитационно сжимающегося газового облака и на дальнейшую судьбу звезды оказывают влияние, кроме тяготения, еще много факторов. Один из важнейших — возникающий во вращающемся газовой-пылевом диске момент количества движения (вращательный момент). При сжатии диска во много раз момент вращения сохраняется неизменным, а момент инерции уменьшается пропорционально квадрату степени сжатия, и, значит, во столько же раз должна возрасти скорость вращения. Момент вращения облака передается планетам, вращающимся вокруг центральной звезды. В нашей Солнечной системе на планеты приходится всего 0,13% массы, но у них сосредоточен почти весь вращательный момент системы — примерно 98%. Существование планет надежно,

прямыми наблюдениями, удалось на начало 2006 г. доказать у более чем ста звезд в нашем ближайшем окружении. Такие планеты называются экзопланеты.

Относительно механизма образования планетных систем (конкретнее — нашей Солнечной системы) до сих пор нет окончательно сформированного мнения. Есть довольно продуктивные современные гипотезы и теории, восходящие к небулярной (из газопылевого облака, из туманности, ибо *nebula* это с лат. — туман) гипотезе Канта и Лапласа. Гипотеза Канта–Лапласа рассматривает формирование Солнечной системы как сугубо механический процесс гравитационного сжатия (коллапса) разреженного газопылевого облака (туманности, по-латыни — небулы). Если небула исходно вращалась, то по мере сжатия она должна была вращаться все быстрее и сплющиваться в направлении оси вращения. Все ускоряющееся вращение должно было отрывать от внешней части туманности кольца, вещество которых, также под действием собственной гравитации постепенно собралось в компактные тела — планеты. Повторение того же процесса в меньших масштабах привело к возникновению спутниковых систем вокруг некоторых планет. Из центральной части туманности затем сформировалось Солнце. Это была первая научно обоснованная модель естественного происхождения Солнечной системы. В настоящее время можно считать достаточно точно установленными следующие два положения:

- 1) Планеты образовались приблизительно одновременно с Солнцем из материала того же газо-пылевого облака.

- 2) Образование планет происходило из холодной материи, и планеты никогда не проходили через стадию полного расплавления (хотя расплавление большей части вещества на ранних стадиях жизни некоторых планет вероятно).

Исходя из этих положений, строятся основные теории образования и начальной эволюции планет. В общих чертах их образование началось в газопылевом или протопланетном (допланетном) облаке. Первоначальный состав облака был свойственен обычным межзвездным туманностям — 99% газа (водород и гелий) и 1% пыли. В результате гравитационного коллапса газа и пыли к центральной части облака образовалось протосолнце, температура которого первоначально

чально была десятки тысяч градусов. Это способствовало испарению пылевых частиц из протосолнца. Протопланетное облако, в основном с газовой составляющей, оказалось подверженным вихревому движению газов. Облако остывало, в нем вновь появились твердые частички пыли. Через какое-то время в нем образовался тонкий пылевой диск, который начал расслаиваться на отдельные сгущения. В облаке участились столкновения и слипания отдельных пылинок, вот только на этом этапе началось образование планетезималей. Планетезимали (англ. planetesimal от planet — планета, infinitesimal — бесконечно малая величина) — название мелких твердых частичек, так называемых допланетных тел. По мере возрастания масс планетезималей и достижения ими километрового размера, у них появилась способность удерживать близлежащие частички за счет тяготения. Далее уже происходило образование планет. Образование планетезималей длилось, согласно расчетам, десятки тысяч лет. Образование протопланетных тел из планетезималей длилось несколько сот миллионов лет. В протопланетном рою планетезималей их было несколько размеров. Больше мелких, меньше средних, крупных, таких, как Луна или Меркурий, совсем немного — единицы. Со временем орбиты крупнейших тел стали приближаться к круговым, а сами они становились центрами притяжения всего окружающего их вещества, явившись зародышами планет. Все это длилось около 100 млн лет.

В нашей Солнечной системе сейчас насчитывают 9 больших планет (все настойчивее заявляют астрономы об открытии 10-й планеты, названия которой пока нет, но предварительно говорят Плуто либо Цербер). Из них 4 планеты образуют «земную группу» — Меркурий, Венера, Земля и Марс. Эти планеты имеют твердую оболочку и медленно вращаются вокруг своей оси. Наибольшая из этих планет наша Земля. Группу планет-гигантов также составляют 4 планеты — Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. 9-ю планету, Плутон, обычно рассматривают отдельно от других, поскольку по своим характеристикам она относится, скорее, к планетам земной группы. Далее, к Солнечной планетной системе относится большое число так называемых «малых планет», или астероидов, расположенных в основном между Марсом и Юпитером, а также значительное число относительно «круп-

ных» малых планет (200-500 километров диаметром), расположенных за Нептуном, в поясе Койпера.

Планеты земной группы расположены ближе к Солнцу и представляют собой твердые шары, состоящие в основном из силикатов с относительно тонкими газовыми атмосферами. По-видимому, у всех этих планет присутствует железное или железно-никелевое ядро различного размера (относительно наибольшее у Меркурия). Атмосферы планет сильно различаются по плотности и составу. У Меркурия примерно на 10 порядков менее плотная, чем земная, атмосфера состоит в основном из гелия, поставляемого солнечным ветром; у Марса и Венеры преобладающим компонентом (свыше 95%) атмосферы является углекислый газ, а вот плотность атмосферы Марса в 160 раз меньше, чем Земли, а Венеры — в 90 раз больше. Земля единственная из всех планет обладает кислородной атмосферой и гидросферой — жидкой водой на поверхности. Не исключено, что когда-то жидкая вода была и на Марсе, а сейчас она присутствует в виде захороненного под пылью льда.

Планеты-гиганты представляют собой огромные газовые шары, возможно, чаще всего жидкие, т. е. не имеющие твердой поверхности, как у планет земной группы. Из-за своих больших масс и достаточной удаленности от Солнца, гиганты удержали почти полностью легкие газы, преобладавшие в протопланетном облаке, — водород и гелий, из которых и состоят, в основном, их необычайно мощные атмосферы. В горячих глубоких недрах планет-гигантов (до 20 тыс. градусов), вероятно, все же присутствуют твердые ядра, составляющие очень небольшую часть каждой планеты по массе. Причина различий в строении планет земной группы и планет-гигантов, не исключено, связана с их расстоянием от Солнца.

Основные особенности устройства Солнечной системы:

- 1) подавляющая часть массы Солнечной системы сосредоточена в Солнце, а не в планетах;
- 2) подавляющая часть количества вращательного движения (момента импульса) Солнечной системы принадлежит планетам, а не Солнцу;

- 3) орбиты всех планет лежат практически в одной плоскости (плоскости эклиптики), совпадающей с плоскостью солнечного экватора;
- 4) все планеты обращаются вокруг Солнца в одном направлении («прямом»); большинство планет вращается вокруг своих осей в том же направлении («прямом»);
- 5) ближайšie к Солнцу планеты земной группы (Меркурий, Венера, Земля, Марс) сравнительно небольшие, каменные;
- 6) более удаленные планеты-гиганты (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун) большие, содержащие много легких летучих веществ.

6.4. Геологическая эволюция

Непосредственные наблюдения показывают, что Земля представляет собой твердое тело, окруженное водной и газовой оболочками — гидросферой и атмосферой. Средний радиус Земли — 6371 км, плотность — 5517 кг/м^3 , масса — $5,973 \cdot 10^{24}$ кг, на гидросферу приходится около $1,4 \cdot 10^{21}$ кг (чуть менее 0,025%) и на атмосферу — $5,16 \cdot 10^{18}$ кг (около одной миллионной полной массы). Земля имеет почти сферическую форму, слегка сплюснута с полюсов и состоит из трех основных концентрических слоев или сфер: ядра, мантии и коры. Около 70% поверхности Земли покрыты водой, включая обе полярные ледяные шапки. Средняя скорость движения вокруг Солнца — 30 км/сек. Ось вращения Земли наклонена по отношению к плоскости орбиты на 23,5 градуса, что является причиной смены времен (сезонов) года.

Поверхность Земли сильно неоднородна. Прежде всего бросаются в глаза такие ее крупнейшие образования, как океаны и материки. Затем — неровность поверхности самих этих образований и их вещественная неоднородность (в основном на материках). Твердое тело Земли изучает геология, которая начиналась как прикладная наука, призванная разрабатывать методы поиска полезных ископаемых.

Внутренняя энергия Земли образовалась благодаря многим процессам, выделим два из них — аккрецию и радиоактивность. Предполагается что большая часть массы Земли связалась воедино за сравнительно короткое время (порядка миллионов лет), в основном, как уже отмечалось выше, за счет образования и последующего объединения (слипания) планетезималей в крупные образования. После того, как масса Земли достигла почти современной массы, но еще не приобрела атмосферы, беспрепятственное падение метеорных и астероидных тел на ее поверхность (аккреция) приводило к выделению значительной гравитационной энергии и нагреву. При этом доля тепла, идущая на нагрев недр молодой планеты, была тем больше, чем крупнее были падающие тела. Сильные удары приводили к частичному плавлению вещества в ограниченной области, но, в целом, температура растущей Земли не достигала температуры плавления, а оказалась не выше 600-800 градусов Цельсия. Примерно через 400-500 млн лет образовалась атмосфера и температура Земли снизилась почти до современной. Разогрев и расплавление способствовали ускорению дифференциации недр планеты. Гравитационная дифференциация привела к расслоению вещества, в соответствии с плотностью тех или иных химических соединений. Тяжелые, нелетучие компоненты топились, а легкие, летучие всплывали (возможно, что так, в частности, возникло железное ядро в центре и атмосфера с гидросферой на поверхности). Дифференциация также приводила и к дополнительному выделению гравитационной энергии.

Сейчас выделение радиоактивного тепла продолжается только за счет трех долгоживущих радиоактивных элементов, и оно примерно уравнивает потери в окружающее пространство. Возможно, оно несколько меньше этих потерь (и Земля понемногу остывает), хотя точно этого утверждать нельзя. Во всяком случае, несмотря на довольно эффективное расслоение, Земля еще далека от равновесия и продолжает жить и совершенствовать свою геосферную структуру. Сведения о внутренней структуре Земли нам дают сейсмологические, гравиметрические, электрические и магнитные измерения в сочетании с лабораторным исследованием вещества при высоких температурах и давлениях. В самом грубом приближении строение Земли можно представить в виде концентрических слоев —

геосфер. Сверху до глубины в несколько десятков километров простирается земная кора. Толщина ее неравномерна: максимальна под горами - до 70 км, и минимальна под океанами — 5-10 км. Подошва коры определяется как граница раздела, на которой скорость сейсмических волн скачком увеличивается на 1,5-2 км/с. Это увеличение связано с изменением плотности, которое, в свою очередь, скорее всего, связано с изменением химического состава вещества. Кора, в свою очередь, также подразделяется на несколько сфер. Самый верхний — осадочный, состоит из плохо консолидированных осадков — продуктов разрушения коренных пород, затем следует «гранитный» или «гранито-метаморфический» слой (скорости сейсмических волн соответствуют таковым в гранитах) и нижний «базальтовый». Толщины этих сфер (слоев) варьируются очень сильно. По всей поверхности планеты присутствует лишь самый нижний — «базальтовый» слой; «гранитный» слой практически отсутствует в океанах, то есть на большей части поверхности Земли; осадочный слой может превышать по толщине 10 километров в областях длительного прогибания земной коры и вообще отсутствовать в областях поднятий. Под корой расположена мантия, для которой предполагается так называемый ультраосновной состав (меньше, чем в базальтах, кремния и алюминия и больше железа и магния). Кора вместе с самой верхней частью мантии образует литосферу — состоящую из жесткого непластичного материала сферу, толщиной около 100 км, покрывающую Землю. Ниже находится астеносфера (ослабленная сфера) — слой с пониженной по сравнению с литосферой вязкостью и скоростью сейсмических волн. Астеносфера выполняет демпфирующую роль для поднимающейся из недр верхней мантии, не позволяя ей разрывать поверхность земной коры. Глубже 250 км скорость волн и вязкость снова нарастают. Мантия Земли отделена от земной коры поверхностью или границей Мохоровичича. Мантия разделяется на верхнюю, толщиной 630 км, и нижнюю, толщиной 2290 км. Температура мантии составляет 1500-2000 градусов Цельсия. Простирается она до глубины 2900 км, где проходит ее граница Гутенберга с ядром. Внешнее ядро Земли расплавленное, жидкое, толщиной 2200 км, распространено до глубины 5000-5100 км и состоит в основном из железа и никеля. Глубже находится внут-

реннее твердое ядро диаметром 2500 км, по-видимому, того же состава, что и внешнее ядро. Его твердое состояние говорит о том, что рост температуры плавления, обусловленный ростом давления, на этой глубине опережает увеличение температуры. Его же температура достигает 5000 градусов Цельсия. (Есть, однако, гипотеза геолога Ю. А. Колясникова, что ядро может быть твердым водородно-гелиевым, в чем нет особой интриги, поскольку образование и звезд и планет происходило всегда из водород-гелиевых облаков, но гипотеза эта малоизвестна). Все наблюдаемые на поверхности Земли крупные тектонические процессы — поднятия гор, опускания котловин, перемещения крупных блоков земной коры, связаны с процессами в мантии Земли, а точнее, по-видимому, лишь в упоминавшейся верхней мантии. Первопричиной тектонических движений является конвекция в мантии, обусловленная диссипацией внутренней энергии Земли.

В геологии существует понятие геологического времени или геохронологии, которое охватывает всю историю Земли, от момента зарождения до наших дней. За последние 200 лет было накоплено, проанализировано и упорядочено огромное количество геологических фактов. Результатов работы многих поколений геологов стала стратиграфическая (палеонтологическая или биохронологическая) шкала — геологическое летоисчисление, фиксирующее относительную хронологическую последовательность формирования горных пород, слагающих литосферу Земли. Поскольку до сих пор нет единой международной стратиграфической шкалы, мы ограничимся одним из ее вариантов. Геологи уже давно классифицируют понятие геохронологии, выделяя в ней такие временные градации или геохронологические единицы как эон, эра, эпоха иногда период, отдел, время и хрон. Породы, представляющие интервал геологического времени, называются хроностратиграфическими единицами. Каждый геохронологический термин имеет хроностратиграфический эквивалент. Например, горная порода, образованная во время зона, является представителем зонатема, а во время эры — эратема. Хроностратиграфическими эквивалентами периода, эпохи, времени и хрона являются система, серия, фаза и хронозон соответственно. Самое крупное подразделение геохронологической (и, соответственно, стратиграфической) шкалы, отвечающее

длительному этапу развития Земли — эон (объединяющий несколько меньших по временным масштабам эр (эра-тем)), в течение которого формируется эонотема. Древнейший эон (эонотема) — криптозой, этап скрытой жизни, он же докембрий, начало которого относят на 4 млрд лет назад, имеет общую продолжительность около 3,5 млрд лет. До криптозоя выделяют эон галес и его эру — катархей, начавшиеся с момента образования Земли, продолжительностью в 600 млн лет. Криптозой включает в себя эры. археозой (продолжительностью около 1,5 млрд лет) и протерозой (продолжительностью не менее 2 млрд лет). Последующие три эры (эратемы), палеозой, мезозой и кайнозой, образуют эон (эонотему) фанерозой — этап явной, наблюдаемой жизни длительностью в 570 млн лет.

Особую значимость в эволюции Земли имеют три последние указанные эры. Их длительность такова: палеозой — 340 млн лет, мезозой — 169 млн лет; кайнозой — 66 млн лет. Они подразделяются, в свою очередь, на 12 эпох (в некоторых шкалах, как указывалось выше, их также называют периодами или системами). Начала этих эпох и их продолжительность в млн лет такова: палеозой — кембрий (570/80), ордовик — (490/65), силлур — (435/30), девон — (400/55), карбон (он же каменноугольный) — (345/65), пермь — (280/45). Мезозой — триас (235/50), юра (юрский) — (185/53), мел — (132/66). Кайнозой — палеоген — (66/41), неоген — (25/25), антропоген (он же часто именуется как четвертичный) — (от 0,6 до 3,5 млн лет). Кстати, для запоминания последних 12-ти эпох студенты-геологи придумали нескольких шуточных стихов, восстанавливая названия эпох по первым буквам слов стиха: «Когда одна стипендия, дуй квас пенистый, только юмора мало, пытайся найти аналог». Укажем еще отделы двух последних эпох — неогена и антропогена, поскольку в это геологическое время произошло формирование современной фауны и флоры, а в конце неогена появились древнейшие люди. Неоген состоит из отделов миоцена и плиоцена, антропоген из отделов плейстоцена и голоцена. Время этих отделов в млн лет таково: миоцен — (25-9), плиоцен — (9-1,8 (2)), плейстоцен (1,8-0,01) и голоцен (0,01-0). Антропоген — это век человека, время эволюции рода *Homo*.

6.5. Происхождение жизни (эволюция и развитие живых систем)

Концепции происхождения жизни возникали в последовательности:

1. креационизм,
2. концепция стационарного состояния,
3. концепция биохимической эволюции.

Сторонники креационизма (от лат. *creatio* – сотворение) считают, что жизнь есть результат божественного творения. Концепция основана на вере, не является научной. Согласно концепции стационарного состояния, проблемы зарождения жизни не существует, жизнь была всегда. Согласно концепции биохимической эволюции, жизнь возникла в результате процессов самоорганизации неживой материи в условиях ранней Земли. В этой концепции – наибольшее число эмпирических подтверждений.

Жизнь появилась из клетки, а клетка состоит из органических соединений. Первые органические соединения появились абиогенно. Абиогенный синтез – образование органических соединений, характерных для живой природы, вне организмов и без участия ферментов, в результате химических реакций между неорганическими веществами. Доказательством может служить следующий эксперимент, если через нагретую смесь воды и газов, таких, как углекислый газ, аммиак, метан и водород, пропускать электрический разряд или ультрафиолетовое излучение, они реагируют с образованием малых органических молекул. Среди продуктов есть ряд соединений, таких, как цианистый водород и формальдегид, которые легко вступают в последующие реакции в водном растворе. Наиболее важно, что в эксперименте удается получить четыре основных класса внутриклеточных малых молекул: аминокислоты, нуклеотиды, сахара и жирные кислоты.

В водах первичного океана концентрация органических веществ увеличивалась, происходило их смешивание, взаимодействие и объединение в мелкие обособленные структуры раствора, формировался «первичный бульон». Такие структуры можно легко получить искусственно, смешивая растворы разных белков, например желатина и альбумина. Эти обособленные в растворе органические многомолекулярные структуры называются коацерватами. Коацерваты — мель-

чайшие коллоидальные частицы — капли, обладающие осмотическими свойствами. Исследования показали, что коацерваты имеют достаточно сложную организацию и обладают рядом свойств, которые сближают их с простейшими живыми системами. Например, они способны поглощать из окружающей среды разные вещества, которые вступают во взаимодействие с соединениями самой капли, и увеличиваться в размере. Однако все это еще не дает основания для отнесения коацерватов к живым системам, потому что они лишены способности к самовоспроизведению и саморегуляции синтеза органических веществ. Кроме коацерватов в «первичном бульоне» накапливались полинуклеотиды, полипептиды и различные катализаторы, без которых невозможно образование способности к самовоспроизведению и обмену веществ.

Завершение процесса биогенеза связано с возникновением у более стойких коацерватов способности к самовоспроизведению составных частей, с переходом к матричному синтезу белка, характерному для живых организмов. В ходе предбиологического отбора наибольшие шансы на сохранение имели те коацерваты, у которых способность к обмену веществ сочеталась со способностью к самовоспроизведению. Формировалась прокариотическая клетка. Прокариоты — одноклеточные живые организмы, не обладающие оформленным клеточным ядром и другими внутренними мембранными органоидами. Тип питания осмотрофный, т.е. транспорт растворённых питательных веществ через поверхностные структуры клетки, и автотрофный (фотосинтез и хемосинтез). К прокариотам относятся бактерии, в том числе сине-зелёные водоросли, и археи. В условиях восстановительной атмосферы ранней Земли по способу дыхания первые живые организмы должны были быть анаэробами. Анаэробы — организмы, способные жить в отсутствие атмосферного кислорода. Для освобождения энергии, необходимой для жизненных процессов, они используют процесс бескислородного брожения сахаров. Эволюция шла в направлении приобретения независимости от вещества абиогенного происхождения, в результате возникли автотрофы, которые синтезировали органические питательные вещества из неорганических и выделяли кисло-

род в атмосферу. Насыщение атмосферы кислородом привело к энергетически более эффективному способу дыхания с участием кислорода – возникли аэробы.

6.6. Эволюция живых систем

Согласно концепции панспермии жизнь на Землю занесена из космоса. Концепция является научной, поскольку в веществе комет обнаружено большое количество синильной кислоты, из которой, в принципе, могли быть синтезированы органические биополимеры. Однако она не решает проблемы начального зарождения жизни, а переносит ее в другое место Вселенной. Концепция потеряла свое значение в XX веке, уступив место более проверяемой концепции однократного абиогенеза в условиях ранней Земли.

Одним из методологических подходов в концепции биохимической эволюции является гипотеза голобиоза (от греческого *holos* — целиком, полностью), согласно которой при возникновении живых систем первичными были структуры, наделенные способностью к элементарному обмену веществ при участии ферментного механизма, то есть белковые структуры.

Согласно синтетической теории эволюции, элементарными эволюционными факторами являются наследственная изменчивость (мутационный процесс), популяционные волны, изоляция, естественный отбор. Наследственная изменчивость включает в себя мутационный процесс и комбинативную изменчивость при скрещиваниях. Оба процесса вызывают изменения генофонда популяции и ведут к наследственным изменениям в ней, являются поставщиками элементарного эволюционного материала. Популяционные волны – это количественные колебания в численности популяции под воздействием различных причин, например сезонных изменений климата, различных природных катастроф (засуха, наводнение) и технических (пожар, техногенный выброс). Волны жизни приводят к изменению частоты генов в популяции. Изоляция – возникновение барьеров, препятствий, уменьшающих возможность обмена генетической информацией с другими группами.

пами особей данной популяции. Различают изоляцию пространственную и биологическую. Пространственная изоляция связана с территориально-географическими факторами разобщения (водные преграды, горные хребты). Биологическая изоляция может быть обусловлена особенностями поведения, строения особей, изменением сроков размножения. Общим итогом изоляции является возникновение независимых генофондов двух популяций, которые в итоге могут трансформироваться в самостоятельные виды. Главным движущим и направляющим фактором эволюции является естественный отбор. Согласно синтетической теории эволюции, элементарным эволюционным материалом является генофонд популяции, поскольку элементарная единица эволюции – это популяция. Отдельная особь претерпевает только онтогенетическое развитие от рождения до смерти и не имеет возможности эволюционировать, поэтому элементарным материалом не могут быть генотип или геном отдельной особи. Не является элементарным эволюционным материалом набор всех генов вида, поскольку не вид, а популяция – единица эволюции. В рамках синтетической теории эволюции существуют теории микро- и макроэволюции. Теория макроэволюции изучает эволюционные преобразования за длительный исторический период, а также основные направления и закономерности развития жизни на Земле в целом. Процессы макроэволюции ведут к возникновению адаптаций общего значения, а также к образованию новых родов, семейств, отрядов, классов, типов, то есть она изучает процессы на уровнях выше видового.

Теория макроэволюции изучает эволюционные процессы, протекающие на огромных временных интервалах, в том числе закономерности развития жизни на Земле. Процессы макроэволюции приводят к образованию таксонов, выше видового: новых родов, семейств, классов, типов.

Теория микроэволюции изучает эволюционные изменения, происходящие в генофондах популяции за сравнительно небольшой промежуток времени. Она исследует начальный этап эволюционных преобразований в популяциях, который приводит к образованию новых видов. Фактор микроэволюции, который приводит к нарушению свободы скрещивания и к генетической разобщенности орга-

низмов одного вида, называется изоляцией. Различают изоляцию пространственную и биологическую. Пространственная изоляция связана с территориально-географическими факторами разобщения (водные преграды, горные хребты). Биологическая изоляция может быть обусловлена особенностями поведения, строения особей, изменением сроков размножения. Общим итогом изоляции является возникновение независимых генофондов двух популяций, которые в итоге могут трансформироваться в самостоятельные виды.

Объектом действия естественного отбора является не отдельный признак или ген, а целостный живой организм или фенотип организма. Естественный отбор – это результат борьбы за существование, которая включает комплекс многообразных отношений организмов внутри вида, между видами и с факторами окружающей среды. С большей вероятностью выживают и эффективнее размножаются те организмы, которые обладают набором свойств, сообщающих им наибольшую приспособленность к условиям обитания. В ходе естественного отбора основное значение имеет фенотип организма: окраска, способность быстро перемещаться, устойчивость к действию высоких или низких температур и многое другое. Поскольку за одинаковым фенотипом могут скрываться различные генотипы (например, АА, Аа при полном доминировании), то сходные фенотипы, наиболее приспособленные к конкретной ситуации, могут формироваться на различной генетической основе.

6.7 История жизни на Земле и методы исследования эволюции (эволюция и развитие живых систем)

Возможность выхода жизни на сушу связана с фотосинтезом. Первичная атмосфера древней Земли была восстановительной, в ней практически отсутствовал свободный кислород, не было озонового слоя, который бы защищал живые организмы от жесткого ультрафиолетового излучения Солнца. В бескислородной атмосфере в отсутствие озонового экрана жизнь могла развиваться только под защитой слоя воды толщиной около 10 метров. Фотосинтез, осуществляемый в океане планеты синезелеными водорослями в течение миллиардов лет, медленно,

но неуклонно повышал содержание свободного кислорода. Когда содержание кислорода в атмосфере достигло 0,01 от современного значения, начал формироваться озоновый экран, который защитил от жесткой ультрафиолетовой радиации сначала верхние слои гидросферы, а потом и сушу. В результате появилась возможность заселения живыми организмами суши. Экология, изучая условия существования и взаимоотношения между живыми организмами, играет важную роль в познании процессов эволюции. Вся эволюция является процессом возникновения и развития адаптаций. Экология вскрывает значение конкретных адаптаций для эволюционного процесса. Изучение роли конкретных адаптаций у различных видов проводится в ныне существующих биосферных системах и на модельных экосистемах. Исследование взаимной приспособленности организмов друг к другу, условий динамического равновесия и устойчивости биосферных систем позволяет определить направление эволюционных изменений. Таким образом, метод исследования эволюции, связанный с опытами на модельных популяциях по изучению роли конкретных адаптаций, относится к экологическим.

Биологические науки точно установили, что в первом, в диахронном измерении, в палеозойскую эру, в докембрийский период (эпоху) (не ранее 600 млн лет назад) появились губки; в кембрийский (500-600 млн лет назад) — трилобиты, моллюски и первые ракообразные; в ордовик (425-500 млн лет назад) — двусторчатые моллюски, наutilusы и первые позвоночные, первые рыбы; в силурийский период (405-425 млн лет назад) — коралловые рифы; в девон (345-405 млн лет назад) — многочисленные рыбы и земноводные, появление насекомых; в каменноугольный период (280-245 млн лет назад) — гигантские насекомые; в пермский период (230-280 млн лет назад) вымирают трилобиты, процветают пресмыкающиеся. В мезозойскую эру в триасе (181-230 млн лет назад) — появляются первые млекопитающие; в юр и мел (63— 181 млн лет назад) — время расцвета и вымирания динозавров. И, наконец, в кайнозойскую эру в третичном периоде (1-63 млн лет назад) млекопитающие распространились на суше, и в раннем четвертичном периоде появился человек (около 5-1 млн лет назад), переживший четыре ледниковых периода в эти годы становления и возмужания. Эволюция животного

мира происходила в следующей последовательности: рыбы → земноводные (амфибии) → пресмыкающиеся (рептилии) → птицы → млекопитающие.

6.8. Генетика и эволюция

Форму и строение организмов изучает биологическая наука морфология (от греч. «морфа» – форма). Метод исследования эволюции, основанный на сопоставлении строения органов организмов разных групп, относится к морфологическим. Морфологическими методами устанавливается родство сравниваемых форм по степени сходства в их строении, при этом изучаются гомологичные органы, рудименты, атавизмы. Гомологичные органы – это органы, имеющие глубокое сходство в строении, которое основано на единстве происхождения соответствующих организмов. Рудименты (от лат. «рудиментум» – остаток) – сравнительно недоразвитые органы, утратившие своё прежнее значение в процессе филогенеза, но которые продолжают выполнять какие-либо менее значительные функции в организме. Например, факт происхождения китов и дельфинов от наземных четвероногих животных с развитыми задними конечностями подтверждают небольшие косточки в туловище мускулатуры на месте заднего пояса конечностей. У человека рудиментарными органами являются ушные мышцы, копчик, наружный волосяной покров, червеобразный отросток слепой кишки. Колючки кактусов, чешуйки на корневище папоротника – рудиментарные листья. Атавизм (от лат. «атавус» – предок) – это орган, показывающий возврат к предкам, появляющийся у редких особей данного вида и не выполняющий каких-либо функций, важных для вида. Хвост, мощный волосяной покров, которые могут появиться у человека, являются атавизмами.

Изменчивость – способность живых организмов приобретать новые признаки, свойства и существовать в различных вариантах. Изменение структуры глаза дрозофилы за счет удвоения участка хромосомы представляет собой мутационную изменчивость. Эта изменчивость связана с изменением генетического материала, является наследственной. Сезонное изменение окраски зайца-беляка

является примером модификационной изменчивости. Изменения происходят под влиянием условий внешней среды, не связаны с изменением генетического материала, обратимы, если условия внешней среды поменять на исходные. Мутации, связанные с изменением числа хромосом в гаплоидном наборе, относятся к геномным. Изменение числа хромосом может происходить за счет нерасхождения пары хромосом в процессе деления или в результате умножения отдельных хромосом.

Хромосома – это структура ядра клетки, является носителем генетической информации и представляет собой комплекс молекулы ДНК и белков. Аллель – это ген, определяющий альтернативное развитие конкретного признака, например, окраску цветка – красную или белую. Любой диплоидный организм содержит в клетке два аллеля любого гена, которые называются аллельными генами. Исключение составляют половые клетки – гаметы, в которых только по одному аллельному гену. Аллели одного гена расположены в одном и том же месте гомологичных парных хромосом.

Ген – элементарная единица наследственного материала, определяющая развитие какого-либо признака. Генотип (от греч. «генос» – рождение, «типос» – образец, отпечаток) – совокупность всех генов организма, содержащихся в диплоидном наборе хромосом. Генотип складывается при взаимодействии двух геномов и представляет собой наследственную программу развития, являясь целостной системой, а не простой суммой отдельных генов. Рецессивный ген проявляется в фенотипе в гомозиготном состоянии. В гетерозиготном состоянии признак этого гена подавляется доминантным геном, и рецессивный ген не проявляется. Доминантный ген проявляется в фенотипе как в гомозиготном, так и в гетерозиготном состоянии в случае полного доминирования. При неполном доминировании в гетерозиготном состоянии проявляется промежуточный фенотип. Например, при скрещивании растений с белыми и красными цветками гетерозиготные гибриды имеют розовые цветки. Доминантный ген (обозначается прописной буквой) подавляет признаки рецессивного (обозначается строчной буквой) при полном доминировании. В результате признаки рецессивного гена проявляются в фе-

нотипе только в гомозиготном состоянии, когда в генотипе содержатся два рецессивных гена по данному признаку. В гетерозиготном состоянии, в котором присутствуют разные гены аллельной пары, рецессивные признаки в фенотипе не проявляются. В представленном наборе два фенотипа, один из которых представлен генотипами AA, Aa; второй – генотипом aa. Гомозиготный организм по какому-либо конкретному признаку содержит одинаковые гены аллельной пары, например AA или aa. Гетерозиготный организм имеет разные гены аллельной пары, то есть Aa. Аллельные гены определяют развитие разных вариантов одного и того же признака и обозначаются одной и той же буквой латинского алфавита – прописной буквой, если ген является доминантным, и строчной, если ген рецессивный. Разными буквами обозначаются разные гены, кодирующие развитие совершенно разных признаков.

7. Биосфера и человек

7.1. Экосистемы (многообразие живых организмов - основа организации и устойчивости живых систем)

Отношением «хищник – жертва» связаны лиса и полевка. Собака и блоха связаны отношением паразитизма. Олени и соболи, обитая в одной тайге, связаны отношением нейтрализма.

Для поддержания круговорота веществ в экосистеме необходимо наличие трех функционально различных экологических групп организмов – продуцентов, консументов, редуцентов. Продуценты – это автотрофные организмы, способные синтезировать органические соединения и строить свои тела за счёт них. К ним относятся зеленые растения и автотрофные бактерии, например, синезеленые водоросли, бактерии-хемосинтетики. Продуценты аккумулируют энергию Солнца и создают массу органического вещества, являются основой трофической структуры биоценозов. Консументы – это гетеротрофные организмы, потребляющие органическое вещество продуцентов или других консументов и трансформирующие

его в новые формы. Роль консументов выполняют в основном животные. Ими являются также растения-паразиты. Редуценты – организмы, живущие за счёт мёртвого органического вещества, переводя его вновь в неорганические соединения. Ими являются бактерии, грибы.

Разнообразные формы воздействия живых существ друг на друга относятся к биотическим факторам, примерами их будут конкуренция и распространение инфекций. Абиотическими являются факторы неживой природы, их примеры – состав атмосферы и влажность почвы. Факторы, связанные с деятельностью человека, относятся к антропогенным факторам среды, их примерами являются выпас копытных животных и вселение рыбы в озера.

Число звеньев в трофической цепи не превышает четырех – шести, что связано с большими потерями при переходе энергии на каждый последующий трофический уровень. Первое утверждение является верным. Согласно закону экологической пирамиды, с одного трофического уровня на другой переходит в среднем не более 10% энергии, то есть второе утверждение является неверным. Масса живого вещества остается постоянной на протяжении геологических периодов – это системное свойство биосферы, которое непосредственно не связано со свойствами трофических цепей.

Пределы толерантности (от лат. *tolerantia* – терпение) – диапазон устойчивости вида по отношению к определенному фактору среды. Трофическая цепь – последовательность питающихся друг другом организмов. Экологическая ниша – это положение вида в биогеоценозе, которое отражает всю сумму связей организмов данного вида с абиотическими условиями и с другими видами, а также собственную функциональную роль вида в составе биогеоценоза.

7.2. Биосфера

Косное вещество биосферы – это совокупность неживых тел, которые образуются в результате процессов, не связанных с деятельностью живых организмов, например, вулканические газы и космическое вещество.

Биогенным называется вещество, образование которого связано с жизнедеятельностью живых организмов, – это горючие ископаемые, породы осадочного происхождения, например, торф и природный гипс. Биокосное вещество представляет собой результат совместной деятельности живых организмов, а также физико-химических и геологических процессов, протекающих в неживой природе. Кора выветривания и океаническая вода являются биокосным веществом. Кора выветривания – горные породы, возникающие в результате разложения (выветривания) коренных пород. В процессе разложения коренных пород участвуют геологические факторы (вода с растворенными в ней веществами, температура, ветер и другие), а также живое вещество в виде растений, деревьев, микроорганизмов.

Химический состав гидросферы Земли в значительной степени определяется деятельностью живых организмов. Различные организмы водных экосистем постоянно выводят в водную среду продукты метаболизма – ионы солей, органические кислоты, азотистые вещества, сероводород и другие. Зеленые водоросли выделяют кислород, который частично растворяется в воде. Животные-фильтраторы непрерывно пропускают через свои организмы огромные количества воды, изымая из нее взвешенные органические частицы и растворенные соли. Фильтрационная деятельность моллюсков морей регулирует состав прибрежных вод. Все эти примеры показывают, что природные воды являются биокосным веществом, представляющим собой результат совместной деятельности живых организмов, а также физико-химических и геологических процессов, протекающих в неживой природе.

Биогеохимические круговороты являются основой самоподдержания жизни на Земле. Все доступные для живых организмов химические соединения в биосфере имеют предел. По выражению академика В.Р. Вильямса, «единственный способ придать конечному свойство бесконечного – это заставить вращаться его по замкнутой кривой». Все химические элементы, используемые в процессах жизнедеятельности организмов, совершают постоянные перемещения, переходя из живых тел в соединения неживой природы и обратно. Возможность многократного использования одних и тех же элементов делает жизнь на Земле практи-

чески вечной при условии постоянного притока энергии извне. Отличительная черта биологических круговоротов – их неполная замкнутость. Часть элементов и их соединений в естественных природных условиях постоянно выпадает из круговорота и скапливается вне организмов, создавая запасы биогенных веществ. Так были накоплены кислород и азот в атмосфере, горючие ископаемые и другие породы земной коры. Запасы биогенных веществ, малодоступные для живых организмов и медленно вовлекающиеся в биологический круговорот, составляют резервный фонд того или иного элемента в биосфере. С развитием человеческого общества в результате антропогенной деятельности стало извлекаться из круговорота еще большее количество химических элементов и их соединений. Все это приводит к тому, что для выполнения центральной функции экосистем и биосферы в целом, которая заключается в поддержании биогенного круговорота, неизбежно должно было увеличиваться число видов, вовлекающих в круговорот из резервного фонда элементы, по мере того как они извлекаются из этого круговорота. Таким образом, в ходе геологического развития должно увеличиваться число видов, ускоряющих биогенную миграцию атомов.

Масса живого вещества остается постоянной на протяжении геологических периодов – это одно из системных свойств биосферы, поэтому утверждение об уменьшении массы живого вещества является неверным. Другим свойством биосферы является постоянство числа видов в ходе геологических периодов. Биогенная миграция атомов химических элементов стремится к максимальному проявлению – это биогеохимический принцип миграции атомов химических элементов, который не является системным свойством биосферы.

7.3. Человек в биосфере

Уже на стадии архантропов произошло возникновение примитивной речи и формирование языка, что стало результатом цепочки изменений: стали более совершенными орудия труда – проводилась коллективная облавная охота на крупную дичь с использованием огня. Коллективные действия привели к необходимо-

сти общения. Палеоантропы обладали достаточно развитым абстрактным мышлением, о чем судят по найденным следам захоронений умерших с погребальными обрядами. На стадии неантропов возникает искусство: найдены пещерные рисунки, скульптурные изображения, первые музыкальные инструменты.

Согласно стадиальной концепции, предшественниками рода Человек являются протоантропы (ископаемые остатки – австралопитеки), которым, по мнению многих антропологов, соответствует вид *Homo habilis* (Человек умелый). Вместе со скелетами Человека умелого были найдены примитивные каменные орудия труда, сделанные из грубо обколотых галек кварца, кварцита, лавы (так называемая «олдовайская галечная культура»).

По положению в животном мире человек относится к классу млекопитающих, отряду приматов, роду *Homo*. Исторические виды рода – *Homo habilis* (Человек умелый), *Homo erectus* (Человек прямоходящий), *Homo sapiens* (Человек разумный).

Неолитическая революция соответствует периоду неолита (от греч. «нео» – новый, «лит» – камень, 10-8 тысячелетия до н.э.), когда произошел переход от присваивающего хозяйства (собирательства и охоты) к производящему (земледелию и скотоводству). Результатами неолитической революции являются окультуривание растений, одомашнивание животных, которые привели к увеличению численности человечества. Экологические последствия неолитической революции – это снижение биоразнообразия, выжигание лесов, обмеление рек, опустынивание, исчезновение крупных животных, появление синантропных животных (мышей, крыс) возле человеческих поселений, массовые эпидемии чумы.

7.4. Глобальный экологический кризис (экологические функции литосферы, экология и здоровье)

Устойчивому развитию человечества будет способствовать финансирование программ развития новых технологий, позволяющих уменьшить выбросы загрязнителей. Предотвратить загрязнение биосферы легче, чем ликвидировать его по-

следствия. Для этого в промышленности применяются системы очистки сточных вод и газоулавливающие установки, на выхлопных трубах автомобилей устанавливаются специальные фильтры, отдается предпочтение более чистым источникам энергии, например, природному газу вместо каменного угля. Сохранению водных ресурсов способствует применение системы очистки промышленных и сельскохозяйственных сточных вод. В результате будет ограничено поступление в воду токсичных для живых организмов веществ.

Необходимо знать современную трактовку понятия ноосферы как этапа развития биосферы при разумном регулировании отношений человека и природы. Ноосфера (сфера разума) – это гипотетическое состояние системы «природа – общество», когда любая преобразующая деятельность человека должна быть научно обоснована и должна органически согласовываться с общими законами развития природной среды.

Параметрическое загрязнение окружающей среды происходит в результате аварий на атомных электростанциях. Окружающая среда загрязняется ионизирующим излучением от радиоактивных изотопов, многие из которых являются долгоживущими. Последствия Чернобыльской аварии 1986 года остаются до сегодняшнего дня.

Ингредиентное загрязнение связано с таким воздействием человека на биосферу, в результате которого в среду вносятся вещества, нарушающие нормальный ход биологических, иногда химических и физических процессов. Ингредиентное загрязнение будет происходить в результате выделения выхлопных газов автотранспорта.

Воздействие человека на биосферу, которое вызывает структурные изменения в природных сообществах и тем самым нарушает круговорот веществ и потоки энергии в них, влияет на видовой состав и экологические связи в экосистемах, называется деструктивным загрязнением. Строительство плотин – это деструктивное загрязнение.

Кухней погоды называют нижний слой земной атмосферы (тропосферу), особенно ее области, расположенные над океанами – огромными тепловыми ре-

зернуарами, аккумулирующими и отдающими тепловую энергию солнечного света воздушным массам.

Борьбой за существование называется комплекс многообразных отношений организмов внутри вида, между видами, а также с неблагоприятными природно-климатическими факторами окружающей среды. Главной причиной борьбы за существование является несоответствие между возможностью видов к беспредельному размножению и ограниченностью ресурсов. Результатом борьбы за существование является естественный отбор.

Деструктивное загрязнение окружающей среды происходит в результате строительства водохранилищ. Деятельность человека изменяет структуру земной поверхности, занимаемую природными биогеоценозами, в результате исчезают биоценозы или нарушается их структура.

Литература.

1. Я.С. Гринберг, О.В. Кибис, В.Ф. Ким и др. Концепции современного естествознания. Избранные темы. Учебное пособие для вузов. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008.
2. А.В.Баранов, В.М.Любимский, А.А.Харьков. Концепции современного естествознания (физические). Методические указания. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004.
3. М. К.Гусейханов, О. Р. Раджабов. Концепции современного естествознания. Учебник. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2007.
4. С.Х. Карпенков. Концепции современного естествознания. Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 2003.
5. В.Н. Лавриненко, В.П. Ратникова. Концепции современного естествознания. Учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006.