

## Естественнонаучная картина мира

### Конспекты лекционного курса

Целью освоения дисциплины «Естественнонаучная картина мира» является:

– формирование естественнонаучной культуры студента;  
– знакомство с естественнонаучной картиной мира и становление общекультурных компетенций путем развития естественнонаучных знаний и умений, основанных на принципах универсального эволюционизма;

– **развитие абстрактного мышления, общей научной и информационной культуры.**

### Используемая литература

При изучении данного курса необходимо привлечение дополнительного материала и проработка лекционного материала с помощью следующей учебной литературы:

### Основная литература

1. Теоретические основы естествознания: курс лекций : [16+] / сост. М.И. Кириллова ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет». – Ставрополь : СКФУ, 2018. – 215 с. : ил. – Режим доступа: – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=562580>. – Текст : электронный.
2. Карпенков, С.Х. Концепции современного естествознания / С.Х. Карпенков. – Изд. 13-е, перераб. и доп. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2018. – 552 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=471571>. – Текст : электронный.
3. Гусев, Д.А. Естественнонаучная картина мира / Д.А. Гусев, Е.Г. Волкова, А.С. Маслаков ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Московский педагогический государственный университет. – Москва : МПГУ, 2016. – 224 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=472844>. – Текст : электронный.
4. Тулинов, В.Ф. Концепции современного естествознания / В.Ф. Тулинов, К.В. Тулинов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Дашков и К°, 2016. – 483 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=453499>. – Текст : электронный.

### Дополнительная литература

1. Мейдер, В.А. Концепция современного естествознания : учебно-методическое пособие / В.А. Мейдер. — 4-е изд., стер. — Москва : ФЛИНТА, 2019. — 533 с. — ISBN 978-5-9765-1986-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122656>.
2. Зеленов, Л.А. История и философия науки : учебное пособие / Л.А. Зеленов, А.А. Владимиров, В.А. Щуров. — 3-е изд., стер. — Москва : ФЛИНТА, 2016. — 472 с. — ISBN 978-5-9765-0257-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/85963>.
3. Карпенков, С.Х. Концепции современного естествознания / С.Х. Карпенков. – 6-е изд., испр. и доп. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. – 487 с. : ил. – Режим доступа: – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435808>. – Текст : электронный.
4. Садохин, А.П. Концепции современного естествознания : учебник / А.П. Садохин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юнити-Дана, 2015. - 447 с. : табл. - ISBN 978-5-238-01314-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115397>
5. Концепции современного естествознания : учебник / под ред. В.Н. Лавриненко, В.П. Ратникова. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юнити-Дана, 2015. - 319 с. : ил., схемы - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-238-01225-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115169>

## Раздел №1. История развития и основные концепции естествознания

### Естественнонаучная и гуманитарная культуры

Картина мира — философское понятие, определяющее представление окружающего мира человеком. Научная картина мира — представление окружающего мира со стороны научного знания. Наука и

научное знание определяются методами и принципами науки, методами формирования научных знаний и объективностью научных знаний. Методы и принципы науки и научных знаний сформулированы сообществом ученых, опираются на законы логики, объективность научных исследований, методы экспериментальных исследований и сравнение теории с практикой. Научное знание является исторически относительным (принципы Бекона). Науки принято делить на естественные (науки об окружающем мире вне человеческого общества) и гуманитарные (науки о человеческом обществе).

Дополнительно:

[2] с.24-27

[3] с.7-16

[4] с.14-29

### **Естествознание как область научного знания. Структура современного естествознания. Особенности различных отраслей естествознания**

Естествознание можно прежде всего разделить по объекту исследования. Например науки о живых объектах и не живых. Так же можно выделить физику как общую науку, изучающую неживую материю и биологию, изучающую живые объекты. Исторически из физики выделилась химия, как наука об химических взаимодействиях веществ. Принято так же выделять из физики астрономию, геологию, географию. Из биологии выделяют ботанику (наука о растениях), микробиологию, валеологию (наука о человеке), генетику и ряд других. Ряд наук образованы на стыке других — например, биохимия, физическая химия. Есть так же науки, связанные с практическим применением естествознания — технические науки, информатика, медицина и т. д. Кроме того естествознание опирается на ряд наук общего характера, например математика, философия.

Дополнительно:

[2] с.24-27

[3] с.16-33

[4] с.99-115

Научная картина мира <https://www.youtube.com/watch?v=AdlzwgNphwA>

§5 Наука: создание научной картины мира [https://www.youtube.com/watch?v=c5x6IE\\_OTN8](https://www.youtube.com/watch?v=c5x6IE_OTN8)

### **Этапы становления и развития естествознания**

Обычно выделяют ряд основных этапов становления и развития естествознания:

- этап натурфилософии (соответствует древнему миру и средним векам)
- этап механистической картины мира (новое время)
- этап электромагнитной картины мира (середина 19 и начало 20 века)
- этап квантово-полярной картины мира (начиная с 20-х годов 20 века)

Эти этапы меняются исторически с ходом времени. Однако их недостаток связан с отсутствием общности законов для живого и неживого мира, поэтому в рамках изучения биологии была сформирована особая эволюционная картина мира (изучение процессов развития). Эволюционные законы прослеживаются как для биологических объектов (теория Дарвина), так и для физических объектов (эволюция Вселенной, планет и т. д.).

Этап натурфилософии:

Развитие естествознания началось еще в античном мире (в основном, в Древней Греции и ее колониях, в 6-2 веках до н.э.). Этот период характеризовался становлением *натурфилософии*, или философии природы, которая рассматривала мир в его целостности и основывалась на его чисто умозрительных истолкованиях.

В тот период зародились идеи:

- строение вещества из атомов (Демокрит, Эпикур);
- геоцентрическая система мира (Птолемей);
- простейшие законы механики, гидростатики (Аристотель, Архимед).

Некоторые из этих идей подтвердились развитием науки, но большинство оказалось отвергнутым. Основной причиной ошибочных теорий древних ученых был недостаток экспериментальной проверки выводов. Они пытались создать теории, которые можно было бы представить наглядно, т.е они считали главным методом — наблюдение. Но не наглядность есть критерий истинности теории, а опыт,

эксперимент. Древние ученые мало ставили опытов. Они, в основном, наблюдали и делали умозрительные заключения, но все дело в том, что некоторые стороны действительности незаметны для поверхностного наблюдения. Пример: Замена геоцентрической системы мира Птолемея на гелиоцентрическую систему Коперника (середина 16 века). Птолемей наблюдал небо, Солнце, планеты, звезды, их движение по небосводу и заключил, что Земля — шар, кот орый находится в центре мира, а все вокруг нее вращается по сложным траекториям. Все это наглядно, но неверно. Наблюдателю лишь кажется, что он в центре мира, а траектории планет лишь кажутся сложными в проекции на сферу небосвода. На самом же деле, траектории планет просты, но вращаются они вокруг Солнца. Это не наглядно, это трудно представить наблюдателю на Земле, но это верно, и дальнейшее развитие науки подтвердило это.

На завершающем этапе теория натурфилософии была объединена древнегреческим ученым Аристотелем в ряде работ (Аристотелевский корпус, или «Анналы»). Эти работы были приняты католической церковью в качестве канона, т.е. не могли быть оспорены. Что привело к гонениям против ученых, пытавшихся оспорить Аристотеля (Коперник, Дж.Бруно, Галилей).

Дополнительно:

[3] с.33-73

[4] с.29-38

Аристотелевская древняя научная картина мира <https://www.youtube.com/watch?v=DYxHcE5-E38>

Этап механистической картины мира:

Начинается с работ Коперника (гелиоцентрическая картина мира, «гелиос» - солнце) и Галилео Галилея (инерциальные системы, инерционная масса тел, начала традиционной механики, астрономии, введение метода экспериментальной проверки теории). В дальнейшем работы английских (Гук, Галлей, Ньютон), французских (Декарт, Д'Аламбер, Лаплас, Лагранж), немецких (Кеплер, Эйлер, Лейбниц) ученых развили этот подход. Итогом этой работы стало написание Иссаком Ньютоном труда «математические основы натурфилософии» которая стала образцом идеи механистического мира, описываемого механикой и гравитационным взаимодействием тел. В дальнейшем эта теория только совершенствовалась до появления работ Максвелла и Эйнштейна. Таким образом, в конце 17 века великий английский физик Исаак Ньютон завершил создание классической механики. Он сформулировал основные законы движения, закон всемирного тяготения, понятия массы, инерции, ускорения. Следующим шагом было создание Ньютоном труда «Оптика», где были изложены основные идеи корпускулярной теории физической оптики. Альтернативой им были работы голландского ученого Гюйгенса с теорией волновой природы света. Так возникли противоречия волновой и корпускулярной теории света, проблемы понятия «эфир», проблемы «дальнедействия» и «близодействия». Эти проблемы были разрешены только в 20-м веке. Так же на этом этапе возникла термодинамика (работы Карно, Фурье, Джоуля, Майера, Кельвина, Ленца, Клаузиуса, Гельмгольца).

Дополнительно:

[2] с.135-145

[3] с.73-112

[4] с.38-54

Николай Коперник и гелиоцентризм <https://www.youtube.com/watch?v=g5HeRiLSvo8>

Документальный фильм об Галилео Галилее <https://www.youtube.com/watch?v=0LczoHOFRKU>

BBC «Исаак Ньютон: Последний из магов» <https://ok.ru/video/474475137776>

Тайны истории: Исаак Ньютон / Документальный / National Geographic

<https://www.youtube.com/watch?v=63Va4BFpiLg>

Про Исаака Ньютона (Краткая история) <https://www.youtube.com/watch?v=ldHk1ttrzC8>

Ньютон Исаак. Ньютоново яблоко раздора. <https://www.youtube.com/watch?v=X8oXSHhVuF0>

Ньютоновская (классическая) научная картина мира. Эпоха Возрождения

<https://www.youtube.com/watch?v=TeZ6aRHu7L8>

Этап электромагнитной картины мира:

Выделение данного этапа связано с работами Фарадея и Максвелла. Уравнения Максвелла определили связь магнитного и электрического поля, связала законы электрического поля Кулона, законы электрических токов Ома, Ампера и Киргофа, законы магнитных полей Био-Савара-Лапласа. Этим же уравнениям подчиняются электромагнитные волны, к которым стали относить свет. Появилась шкала электромагнитных волн от длинных радиоволн до рентгеновских волн. Это было торжество волновой теории, появилась идея гравитационных волн с попыткой связать все виды полей в одну структуру. Весь мир представлялся в виде молекулярных структур в «море» полей.

Дополнительно:

[2] с.145-153

[3] с.117-126

[4] с.38-54

Этап квантово-полярной картины мира:

Возник из противоречий, связанных с экспериментами Столетова (фотоэффект), Майкельсона (измерение скорости света), дифракцией рентгеновских лучей, Томсона (дифракция электронов). В результате появились работы Планка, Эйнштейна, Де Бройля, Лоренца, Шредингера, Паули, Дирака. Была сформулирована новая теория 4-х мерного пространства-времени (теория относительности) для мегамира и квантовая теория поля для микромира. Данные теории развиваются до сих пор.

Дополнительно:

[2] с.124-135,148-153

[3] с.126-154

[4] с.54-61

Макс Планк

[https://tvkultura.ru/video/show/brand\\_id/21985/episode\\_id/1500126/video\\_id/1633826/viewtype/picture/](https://tvkultura.ru/video/show/brand_id/21985/episode_id/1500126/video_id/1633826/viewtype/picture/)  
Корпускулы и волны - два вида материи <https://www.youtube.com/watch?v=u5bQ8eOKRsk&list=PLJxqrgITwEQ-TllvuKlo-9BFqonfEzG-&index=3>

### **Научные революции и концепции физики и техники. История техники и технологий**

Каждый этап развития естествознания сопровождался развитием техники и технологий, с другой стороны появление новых технологий давало импульс развитию науки. Например создание оптических приборов послужило толчком к появлению микробиологии. При этом исторически технологии и науки развивались неоднородно по времени, что дало основания выделять научные революции и технологические революции, часто связанные с коренным изменением жизни человеческого общества.

#### **Техника и технологии древнего мира**

Примеры технологий — металлургия, кораблестроение, медицина, изготовление тканей и керамики, строительные технологии.

#### **Техника и технологии средних веков**

Создание пороха, артиллерии, стекла, горных разработок. Алхимия и химические технологии. Появление ботаники и селекционной деятельности. Появление оптических приборов. Появлению механизмов и механических автоматов (часы, игрушки). Первые ракеты.

#### **Техника и технологии нового времени**

Подводные лодки и водолазное оборудование. Появление станков. Технологии паровых машин. Пароход и паровоз. Использование нефтепродуктов и газа. Появление хирургии как технологии. Обнаружение новых химических элементов. Компас и другие магнитные приборы. Воздухоплавание на воздушных шарах.

#### **Техника и технологии 19 и 20 века**

19-й век. Электрические машины, электродвигатели, электростанции и гальванические элементы. Электротехнологии. Создание периодической системы Менделеева. Двигатель внутреннего сгорания. Фотография и киносъемка. Появление вакцины. Появление телеграфа и радио. Технологии органической химии, взрывчатые вещества. Появление технологии рентгеновских и инфракрасных лучей.

20-й век. Авиация. Ракетостроение. Электроника. Фармацевтика. Телевидение. Появление ЭВМ. Биотехнологии. Ядерные технологии. Космические технологии. Нанотехнологии. Технологии

основанные на квантовой теории. Лазерные технологии.

21-й век. Генетические технологии.

Дополнительно:

[2] с.327-365

[3] с.29-33

История развития науки и техники. Часть 1 <https://www.youtube.com/watch?v=jKk83cjqWMU>

Флот древности. Древние корабли и судостроение <https://www.youtube.com/watch?v=mCq5vUHAuN4>

"Открытия в технологии" (004) — Металлургия <https://www.youtube.com/watch?v=HVoBR97kC9s>

История развития науки и техники (фильм второй) <https://www.youtube.com/watch?v=tHSyad5QWuo&list=PLCxrXz68GUUhc5xLuXxKLTpuWwMWRA13X&index=2>

Технические изобретения Промышленного переворота <https://www.youtube.com/watch?v=ac37nr6uLBQ>

Джеймс Уатт и паровая машина <https://www.youtube.com/watch?v=HguGSLm8RWc>

## **Математика как область знаний. Связь математики с философией, культурой, технологическим развитием общества**

### Историческое становление математики

Математика изучает особые объекты (математические), которые являются характеристиками реальных объектов и процессов. Первыми объектами были геометрические фигуры (геометрия) и числа (алгебра).

Исторические центры развития математики

Древний мир : древний Египет и междуречье, древняя Индия, древняя Греция и греческие колонии. Завершение этого этапа — работа «Начала» греческого математика Евклида. Эта теория и есть элементарная традиционная математика (геометрия и алгебра).

Средние века : арабские страны, Италия, Византийская империя.

Новое время : Франция, Англия, Германские государства, Голландия, Российская империя, Австрийская империя.

19-20 век: Европа, Америка, Азия.

Дополнительно:

[2] с.51-55

Виктор Садовничий. "От гипотез и ошибок - к научной истине. Взгляд математика". 1-я лекция // Academia : архив видеолекций ученых России телеканала «Культура». - URL: [http://tvkultura.ru/anons/show/episode\\_id/975186/brand\\_id/20898/](http://tvkultura.ru/anons/show/episode_id/975186/brand_id/20898/).

Виктор Садовничий. "От гипотез и ошибок - к научной истине. Взгляд математика". 2-я лекция // Academia : архив видеолекций ученых России телеканала «Культура». - URL: [http://tvkultura.ru/anons/show/episode\\_id/975155/brand\\_id/20898/](http://tvkultura.ru/anons/show/episode_id/975155/brand_id/20898/).

BBC. История математики. Язык Вселенной [https://www.youtube.com/watch?v=SawtW\\_ifaEA](https://www.youtube.com/watch?v=SawtW_ifaEA)

BBC. История математики. Язык Вселенной [https://www.youtube.com/watch?v=SawtW\\_ifaEA](https://www.youtube.com/watch?v=SawtW_ifaEA)

BBC: История математики | Часть 2 Гений Востока <https://www.youtube.com/watch?v=rWxoKxs2j0I>

BBC\_ История математики \_ Часть 3 Пределы пространства <https://ok.ru/video/35786394278>

BBC: История математики | Часть 4 За пределы бесконечности <https://www.youtube.com/watch?v=QuOD-wxNzXo>

Математика и расцвет цивилизации. Фильм 5. Новые горизонты [https://www.youtube.com/watch?v=ywNb3ga2LzY&list=PLFTkMtYsMRIyj64\\_hzLoPAy64AtO7ztHo&index=5](https://www.youtube.com/watch?v=ywNb3ga2LzY&list=PLFTkMtYsMRIyj64_hzLoPAy64AtO7ztHo&index=5)

Математика и расцвет цивилизации. Фильм 4. Мир в движении [https://www.youtube.com/watch?v=20uVhDoQVys&list=PLFTkMtYsMRIyj64\\_hzLoPAy64AtO7ztHo&index=4](https://www.youtube.com/watch?v=20uVhDoQVys&list=PLFTkMtYsMRIyj64_hzLoPAy64AtO7ztHo&index=4)

Математика для всех. Алексей Савватеев. Лекция 2.5. Леонард Эйлер - историческая справка <https://www.youtube.com/watch?v=wdt5IUeqiEY>

История математики Пределы пространства <https://www.youtube.com/watch?v=B2f5DVStCrA>

Неевклидова геометрия. Часть 1 <https://www.youtube.com/watch?v=Gjr63Nhu0u0>

Неевклидова геометрия. Часть 2. История математики <https://www.youtube.com/watch?v=BpC6jOL-tNk>

### **Особенности концепций биологии и химии**

Биология — наука о живых объектах, эти объекты разнообразны, поэтому есть много подразделов — ботаника, цитология, валеология, генетика, микробиология, ихтиология и т. д. В биологии несколько затруднено экспериментальное исследование, это потребовало внедрения теории вероятностей и статистики. Активно используется метод наблюдения.

Химия — наука о химических взаимодействиях веществ. Источник — алхимия, основанная на ошибочном представлении о возможности химического превращения любого вещества в любое. Делится на неорганическую и органическую химию. Это связано с делением веществ на органические (получаемые из живого) и не органические вещества. В дальнейшем органические вещества были конкретизированы по виду химических формул.

Дополнительно:

[2] с.206-324

[3] с.189-192

[4] с.104-115,120-124

### **Раздел №2. Физическая картина мира**

#### **Физика как область знаний. Связь физики с технологическим развитием общества**

Физика — наука, изучающая неживую материю во всех проявлениях. В ней определяются понятия материя и материальный мир, энергия, пространство, время, различные виды взаимодействий объектов материального мира. Так как этих объектов очень много, то физика последовательно с развитием делилась и структурировалась. При этом развитие физики постоянно зависело от создания новых технологий, которые давали новые инструменты для экспериментального исследования физических процессов, формировало актуальность развития тех или иных разделов физики, стимулировало проявление новых (ранее не известных) явлений и процессов, Примеры: создание оптических инструментов привело к созданию физической оптики и теории световых волн, создание паровой машины привело к развитию термодинамики и статистической физики, появление источников электрического тока привело к активному изучению электрических и магнитных полей, созданию электродинамики.

Дополнительно:

[2] с.113-119

[4] с.99-104,115-120

Физическая картина мира <https://www.youtube.com/watch?v=SbzLXHaQsFI>

Великие открытия физиков(начало физики-по сей день) <https://www.youtube.com/watch?v=63-hwCaFVvKkM>

«Физическая картина мира» <https://videouroki.net/blog/vidieourok-fizicheskaia-kartina-mira.html>

Удивительная история Стивена Хокинга – 8 мин., см.: <https://youtu.be/ID0Ra3soUpA>

#### **Структура физической картины мира**

В настоящее время можно выделить несколько наиболее важных разделов физики, которые и определяют структуру физической картины мира:

- механика
- теория гравитации
- термодинамика
- физика твердого тела
- физика колебаний и волн
- электродинамика
- акустика
- физика атмосферы и земли
- астрономия и космогония
- молекулярная физика и статистическая физика
- ядерная физика
- физика элементарных частиц

- физика пространства и времени, теория относительности
- физика элементарных частиц
- физика высоких энергий
- квантовая механика и квантовая теория поля
- физика низких температур
- лазерная физика
- новые разделы физики (теория струн, теория темной материи и темной энергии, суперобъединение теорий взаимодействий вещества)

### **Биофизика и физическая химия**

Некоторые разделы физики были образованы в рамках обеспечения развития других наук, они носят интегративный характер. Примеры:

- биофизика, изучает физические основы процессов внутри биологических объектов (например клеток, мембран, нервной системы);
- физическая химия, изучает физические основы процессов возникающих при химических реакциях (при этом существует и химическая физика, рассматривающая некоторые физические явления методами химии, нужно помнить что термин реакция и динамика реакции были изучены именно в химии, а затем использованы в ядерной физике),

### **Понятие материи и энергии. Законы сохранения**

До конца 19 века материю понимали только как вещество, из которого состоят все тела. Все эти тела располагались в некоем гипотетическом веществе – эфире, который занимает все пространство и везде проникает (во все поры тела). Электромагнитная картина мира оставила открытым вопрос о свойствах и структуре вакуума (т. е. о эфире). Это проблема распространения электромагнитных и гравитационных волн, так как волна распространяется в какой-то среде. Энергия рассматривалась как характеристика материи, выделялась механическая и тепловая энергия и энергия поля или волны. Были установлены законы сохранения каждой из энергий и варианты перехода одной энергии в другую с сохранением общего баланса при трении, термодинамических процессах, поглощении или излучении электромагнитных волн.

С появлением теории относительности и квантовой теории, утверждении дуализма волны и частицы, оказалось что поле, волна как и частицы тоже материальны. Более того из вакуума можно создать пары частиц материи и антиматерии, которые могут аннигилировать, т. е. превратиться снова в вакуум отдав энергию полю. Таким образом, энергия и материя взаимосвязаны и могут превращаться друг в друга, что следует из знаменитой формулы Эйнштейна  $E=mc^2$ . Кроме того, обычное вещество состоит из молекул, молекулы состоят из атомов, атомы из элементарных частиц. При этом местоположение и характеристика элементарных частиц в квантовой теории «размыты» в пространстве. Энергия и местоположение частиц не фиксирована, есть условие неопределенности Гейзенберга для них. В одних условиях частица ведет себя как частица, в других как распределенная во всем пространстве волна (волна Де Бройля). При этом остаются справедливыми законы сохранения энергии и вещества, которые необходимо объединить в один закон сохранения массы-энергии.

Дополнительно:

[2] с.131-139

[4] с.250-260

Строение Вакуума (Леннаучфильм) <https://www.youtube.com/watch?v=PqqgYpUrd7I>

$E=mc^2$ . Альберт Эйнштейн – гений, символ науки, великий ученый. Биография <https://www.youtube.com/watch?v=JClxQmb0R0M>

### **Пространство и время. Теории симметрии и относительности**

До 20 века пространство понималось как абсолютная и равномерная сущность, свойства которого не зависели от свойств материи в пространстве и ее движения. Время также воспринималось как самостоятельная сущность, которая не зависела ни от пространства, ни от материи в пространстве, ни от ее движения (абсолютное время, некоторый абстрактный абсолютный метроном, который отсчитывает

время равномерно текущее и абсолютное для всех). Таким образом, принималось существование абсолютного пространства и времени, не зависящих от материи.

Появление специальной и общей теории относительности Эйнштейна позволило изменить эти представления:

Оказалось, что пространство, время и материя взаимосвязаны:

- свойства пространства и времени зависят от свойств материи, которая в них находится, и от ее движения;

- пространство и время взаимосвязаны и составляют *единое 4-х мерное пространство-время* (предложено Г. Минковским в 1908 году); объект, существующий в таком 4-х мерном пространстве-времени, дает проекции на воспринимаемые человеком измерения, которые, подобно тени от предмета, могут увеличиваться и уменьшаться при движении объекта; это определенным образом поясняет эффекты теории относительности по сокращению размеров тела и др.; сам 4-х мерный объект не меняется, но мы не можем воспринять его целиком.

Особое значение для физики имели законы симметрии пространства. Изначально казался очевидным однородность и симметрия направлений в пространстве, но реальные эксперименты показывают некие отклонения в таких законах. Была доказана неевклидовость космического пространства вселенной (сегодня ученые склоняются к Римановской модели космоса). Симметрия нарушается и в микромире, где были сформулированы особые законы симметрии для элементарных частиц.

Дополнительно:

[2] с.119-131

[3] с.126-154

[4] с.206-221

Теория относительности. Скорость света. [https://www.youtube.com/watch?v=X1B5Bk\\_S5f4](https://www.youtube.com/watch?v=X1B5Bk_S5f4)

Пространство и время | Голографический принцип <https://www.youtube.com/watch?v=oBYXUJ2kxco>

Документальный фильм Великая идея Эйнштейна <https://www.youtube.com/watch?v=NQbPsyPrFBU>

Альберт Эйнштейн [https://www.youtube.com/watch?v=-SwYpNBjH\\_Q](https://www.youtube.com/watch?v=-SwYpNBjH_Q)

Время, простое время [https://youtu.be/39r91\\_zuTEE](https://youtu.be/39r91_zuTEE)

Время. Неровное время <https://www.youtube.com/watch?v=H8YQQkIrGrI>

### **Мегамир. Астрономия и строение вселенной**

Исторически физики рассматривали законы для мегамира (космоса) и микромира (атомы и молекулы) тождественными. Однако, с появлением квантовой теории и экспериментальным изучением микромира стали накапливаться противоречия, которые не разрешены до конца и в настоящее время. Квантовые эффекты в микромире очень существенны, но для больших масс и расстояний эти эффекты не всегда можно оценить и явно выразить. Кроме того, в мегамире возможно существование экстремальных по величине энергий и полей. В физике выделены гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое взаимодействия материи. Каждое из этих взаимодействий доминирует на определенных размерах. В мегамире наиболее важно гравитационное, а затем электромагнитное взаимодействие, сильное и слабое взаимодействия здесь имеют малое значение. Для микромира ситуация обратная. Есть попытки объединить эти взаимодействия (большое объединение), но пока эти теории еще не являются окончательно устоявшимися. Кроме того, проблемы описания реального мегамира привели к появлению теории «темных» энергий и материи, сущность которых пока не понятна. Есть проблема и существования таких экстремальных объектов как черные дыры, квазары, нейтронные звезды, где официальная физика иногда не может дать описания существующих там процессов.

Таким образом физика микромира рассматривается как правило автономно в рамках наук Астрономии и Космогонии (науки о развитии космоса). Современная Астрономия выделяет следующие теории:

- Теория зарождения и развития вселенной.
- Структура вселенной, которая делится на звездные системы, звездные скопления, галактики, супергалактики (система связанных галактик).



- Физика суперобъектов вселенной — различные типы звезд, нейтронные звезды, пульсары, квазары, черные дыры.
- Физика не звездных объектов — планеты и планетоиды, газовые скопления, астероиды, метеориты, кометы, межзвездная пыль и межзвездные пространства.
- Физика космических полей и излучений.

Дополнительно:

[1] с.5-34

[3] с.154-172

[4] с.172-206

100 величайших открытий. Астрономия.avi <https://www.youtube.com/watch?v=jSWh2CU8ynA>

Попов С.Б. Картина мира с точки зрения астрофизика [https://www.youtube.com/watch?v=7DGkbmajM\\_A](https://www.youtube.com/watch?v=7DGkbmajM_A)

Учебный фильм. Астрофизическая картина мира (1989) <https://www.youtube.com/watch?v=2hC7HOdSWvk>

<https://www.youtube.com/watch?v=2hC7HOdSWvk>

Астрофизическая картина мира <https://rutube.ru/video/8620dc67d2e0f10b99ce6a9ab1ec4517/>

### **Концепции зарождения, развития и структура вселенной**

Теория зарождения и развития вселенной в настоящее время основывается на теории большого взрыва (хотя есть и альтернативные теории, например пульсирующей вселенной). В соответствии с теорией большого взрыва 13,77 миллиардов лет назад вся вселенная была сжата в одной точке сингулярности (где физика явлений не понятна), далее произошел сильнейшее расширение (взрыв), появление материи, формирование в начале элементарных частиц, затем атомов водорода, формирование водородных газовых скоплений, которые сжимаются с формированием звезд, планет и других объектов. Внутри звезд начинаются термоядерные реакции и формируются разные химические элементы. Эволюция звезд, сопровождается рядом этапов, в том числе вспышками (взрывами) сверхновых звезд с выбросом различных химических элементов в окружающее пространство, созданием нейтронных звезд, квазаров и черных дыр.

- Одновременно происходит расширение пространства вселенной и формирования таких звездных структур как галактики и скопления галактик (супергалактики). При этом продолжается «разбегание» галактик (красное смещение), скорость которого не уменьшается. Это заставило принять теорию «темных» энергии и вещества, которые и ответственны за ускоренное расширение вселенной.

- У каждой звезды формируются звездные системы, включающие планеты, астероиды и кометы. В настоящее время уже найдены планеты у других звезд и определены некоторые их характеристики. Наиболее хорошо известно строение нашей солнечной системы. Здесь выделен ряд объектов, которые признаны планетами. Планеты в порядке следования от Солнца: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон (есть разногласия о том, считать ли его планетой) движутся вокруг Солнца по эллипсам, в одном из фокусов которого находится Солнце. Орбиты планет лежат в одной плоскости. Далее находится пояс Койпера и облако Оорта в котором располагаются различные объекты, признаваемые как астероиды (хотя некоторые из них подобны Плутону). Есть так же пояс астероидов между Марсом и Юпитером. Вокруг планет могут двигаться свои спутники (луны или планетоиды). Примеры: Луна у Земли, Фобос и Деймос у Марса, Ганнимед, Каллисто, Ио, Европа у Юпитера, Титан и Энцелад у Сатурна (и еще огромное множество других, образующих кольца Сатурна), Титания, Оберон и другие у Урана, Тритон у Нептуна. Некоторые астероиды имеют свои имена, некоторые просто обозначаются кодировкой. Астероиды составленные в основном из льда (замерзшие вода и газы), проходящие недалеко от Солнца получили названия кометы (из-за появления хвоста испарявшихся газов). Кометы часто хорошо видны с поверхности Земли и поэтому имеют свои имена (кометы Галлея, Энке, Биэлы).

Дополнительно:

[1] с.5-34

[2] с.179-204

[3] с.154-172

[4] с.172-206

Путешествие на край Вселенной <https://www.youtube.com/watch?v=UFMEwkj64ms>

Граница вселенной <https://youtu.be/X7hFcR2yIG8>

Земля: Биография планеты. Фильм National Geographic <https://www.youtube.com/watch?v=kS2t0kvIMmw>

### Физические основы астрономических объектов. Гравитационное взаимодействие

Первое математическое описание гравитации дал Ньютон (классическая теория). Основываясь на работах астрономов (Кеплер и другие) он предложил формулу, которая сравнительно точно описывала законы движения небесных тел. В соответствии с *Ньютоновской теорией тяготения* сила взаимодействия 2-х тел определяется формулой :

$F = \gamma * M_1 * M_2 / R^2$  где  $\gamma$  — постоянная тяготения,  $M_1$  и  $M_2$  - массы тел,  $R$  — расстояние между телами.

Так как тела действуют друг на друга, то они начинают движение относительно центра масс этой системы. Это значит, что не просто Земля движется вокруг Солнца, но и Солнце движется вокруг центра масс. Но поскольку Земля много меньше Солнца, то их центр масс внутри Солнца. Тогда действие Земли на Солнце приводит к прецессии Солнца — постоянному движению Солнца похожему на вращение вокруг оси. Другие планеты тоже действуют на Солнце, особенно Юпитер, поэтому центр масс системы Солнце-Юпитер находится вне Солнца. Аналогично существенно взаимодействие в системе Земля-Луна с прецессией Земли, которая ускоряет ее вращение и уменьшает длину суток. Влияет прецессия и на приливы. Таким образом, для вычисления орбит планет нужно учитывать взаимодействие всех планет и Солнца, что делает орбиты отличными от круговых. С другой стороны закон Ньютона позволил рассчитать орбиту планет, при условии, что ее центростремительная сила равна силе притяжения к Солнцу и другим планетам. Фактически это дало метод расчета масс планет Солнечной системы. Зная силу притяжения тела на поверхности к Земле  $F = m * g$ ,  $g$  — ускорение свободного падения, можно вычислить так же массу Земли. Кроме того, оказывается ускорение свободного падения на Земле разное, в зависимости от расстояния от центра Земли и отличается от ускорения свободного падения на других планетах или Луне.

*Недостатки и противоречия Ньютоновской теории тяготения.*

1. Ньютон предполагал *мгновенное* распространение поля тяготения в соответствии с принципом дальнего действия, а СТО утверждала, в соответствии с принципом ближнего действия, что *предельная скорость распространения любых взаимодействий есть скорость света*.

2. Ньютон рассматривал гравитацию и инерцию как *разные* по своей природе явления, хотя отмечался *странный факт равенства* гравитационной и инерционной масс, а также факт  $g = const$ , что объяснялось простым случайным совпадением.

3. Если равномерное прямолинейное движение относительно, то *почему не может быть относительным всякое движение?* Почему инерциальные системы отсчета выделены относительно всех других?

Эйнштейн решил кардинально проблему в Общей Теории Относительности, он сказал, что *явления инерции и гравитации имеют одну природу*.

*Основные постулаты ОТО.*

1. Тяготение одинаково действует на тела, сообщая им одинаковые ускорения, независимо от массы, химического состава и других свойств тел ( $g = const$  - это установлено еще Галилеем).

2. Принцип эквивалентности Эйнштейна: физические процессы в поле тяготения и в ускоренной системе в отсутствии тяготения протекают по одинаковым законам. Другими словами можно сказать, что нет абсолютного движения, а есть относительное движение тела и Вселенной, и создаваемое поле от этого движения можно рассматривать как инерционное (в одних системах отсчета) и как гравитационное (в других системах отсчета). Это и есть принцип эквивалентности тяжести и инерции. Природа этих сил едина. Не вдаваясь в сложную математику, отметим, что выполнение постулатов ОТО приводит к *пониманию сил гравитации (инерции) как искривления 4-х мерного пространства-времени*.

Создание ОТО стало возможным лишь после разработки неевклидовых геометрий Н. Лобачевским, Б. Риманом и др. В ОТО использовано Риманово четырехмерное пространство положительной кривизны. Кривизна пространства-времени создается источниками гравитационного поля. При этом тяготение определяется не только массой объекта, но и всеми видами энергии,

присутствующими в системе. Другими словами, тяготение зависит не только от распределения масс в пространстве, но и от их движения, от наличия различных физических полей в пространстве. Это – распространение принципа эквивалентности массы и энергии из СТО в ОТО. Распространение поля тяготения (искривление пространства-времени) происходит подобно распространению волны со скоростью света. Материя в движении создает искривление пространства-времени, которое, в свою очередь, влияет на движение материи. Это определяет нелинейный эффект взаимосвязи материи, пространства и времени. Таким образом, пространство вселенной искривлено и имеет распределенное гравитационное поле, определяемое распределением материи и энергии (в том числе и движения) в этом же пространстве. С другой стороны, гравитация приводит к формированию и сжатию отдельных сгустков материи в виде звезд, планет и других объектов. Разница фактически определяется размером сгустка. Большие массы сжимаются так, что начинаются термоядерные реакции внутри — зажигаются звезды.

Во время жизни огненного светила происходит непримиримая борьба между разнонаправленными силами. К центру звездной массы сжимает звезду изо всех сил гравитация, стараясь превратить огненный огромный шар в футбольный мячик. Термоядерные реакции, кипящие в толще звездных масс и на поверхности, стараются разорвать светило на мелкие кусочки.

В процессе «выгорания» термоядерного топлива сжатие продолжается и происходит взрыв «новых» или «сверхновых» звезд. Разница этих взрывов в том, что «новая» звезда это только взрыв на поверхности и необратимого сжатия не происходит, если звезда не очень велика. После взрыва «сверхновой» звезда превращается в нейтронную звезду или черную дыру, в зависимости от ее первоначальной массы. Нейтронная звезда — вариант сжатия, когда плотность примерно соответствует (или чуть больше) плотности ядра атома. Поэтому в этой звезде ядра «плотно» упакованы и содержат только электрически нейтральные нейтроны. На поверхности нейтронных звезд возникает мощное магнитное поле и звезда быстро вращается. Таким образом, нейтронные звезды часто становятся пульсарами — источниками мощного рентгеновского или радио узконаправленного излучения.

Если масса ядра сверхновой превышает определенный предел, то сжатие приводит к появлению черной дыры. Черная дыра имеет такой размер, что ее радиус оказывается меньше радиуса сферы Шварцшильда. Это сфера, внутри которой даже фотоны не могут преодолеть силу гравитации. Таким образом, черная дыра будет совершенно темной и только вокруг нее будет светящееся кольцо, образованное излучающей горячей материей, которая ускоряется в направлении черной дыры. Черная дыра при этом является мощным «пылесосом» окружающей материи и одновременно сильным источником излучения. Есть факты поглощения черными дырами даже отдельных звезд. Наиболее мощно излучающие черные дыры получили название квазары (самый мощный источник излучения вселенной). Существует теория, что черные дыры являются центрами образования галактик.

Сингулярность пространства-времени: при скоростях, приближающихся к скорости света, и при сильном гравитационном поле пространство-время как бы сжимается в точку. Формально, с точки зрения ОТО, это места, где обрывается существование частиц и полей в обычной известной нам форме.

*Экспериментальная проверка ОТО в космогонии.*

1. Удалось рассчитать точнее орбиту Меркурия, чем это было ранее по уравнениям Ньютона. Меркурий – наиболее близкая к Солнцу планета и в 25 наибольшей степени испытывает воздействие Солнца и искривленного пространства вокруг него. Его орбита – эллипс, и он медленно поворачивается. Такое anomальное поведение Меркурия законы Ньютона описывали не точно, и лишь расчеты по ОТО дали точный результат.

2. Проверка искривления луча света при прохождении вблизи массивных тел. Экспериментально проверено с точностью ~ 6% во время полных затмений Солнца. Первые измерения были проведены в 1919 году английским ученым Эддингтоном во время экспедиции в Африке. На самом деле искривление видно в нашем трехмерном пространстве. В четырехмерном пространстве-времени луч идет по прямой геодезической линии, которая является кратчайшей для данного неевклидова пространства.

3. В 1929 году американский астроном Э. Хаббл обнаружил смещение спектров излучения звезд в сторону красного цвета («красное смещение»), что подтверждает модель расширяющейся Вселенной, так как это свидетельствует о удалении объектов. При удалении источника света от наблюдателя он воспринимает его более красным, при приближении – более фиолетовым.

Дополнительно:

[1] с.5-34

[2] с.182-204

[3] с.154-172

[4] с.474-475

100 величайших открытий. Астрономия. <https://www.youtube.com/watch?v=jSWh2CU8ynA>

Попов С.Б. Картина мира с точки зрения астрофизика [https://www.youtube.com/watch?v=7DGkbmajM\\_A](https://www.youtube.com/watch?v=7DGkbmajM_A)

Учебный фильм. Астрофизическая картина мира (1989) <https://www.youtube.com/watch?v=2hC7HOdSWvk>

Время. Неизвестное время <https://www.youtube.com/watch?v=OsBNbi2U3IQ>

Если до луны 400 км [https://youtu.be/\\_Q9h8decDsA](https://youtu.be/_Q9h8decDsA)

Загадка темной материи | Как устроена Вселенная (2016-2017) <https://www.youtube.com/watch?v=yLZjugA3i10>

Время. Неизвестное время <https://www.youtube.com/watch?v=OsBNbi2U3IQ>

Если до луны 400 км [https://youtu.be/\\_Q9h8decDsA](https://youtu.be/_Q9h8decDsA)

### Физика земли и геология

Особенности планет как объектов мегамира можно понять в рамках общего космогонического процесса, в силу которого вблизи определенных звезд возникает система планет – вращающихся вокруг них темных небесных тел. В рамках исследования физики Земли можно выделить физические процессы в магнитосфере, атмосфере, гидросфере, литосфере и биосфере Земли. Магнитосфера Земли образована собственным магнитным полем планеты, имеющим 2 полюса приблизительно у географических полюсов и токами в атмосфере (образующими в ионосфере — части атмосферы, содержащей ионизированный газ). Полюса медленно смещаются (прецессия). Магнитосфера Земли защищает от космического и особенно Солнечного излучения, которое могло бы погубить жизнь на планете (северное сияние). Источником магнитосферы Земли считается движение жидких металлических слоев внутри планеты при ее вращении. Вращение Земли — один из важнейших факторов формирования магнитного поля, и его механизм схож с процессами в атмосфере Земли, приводящим к завихрению воздушных масс против часовой стрелки в северном полушарии и в обратном направлении в южном — циклонам и антициклонам. Атмосфера Земли — газовая оболочка, которую делят на Тропосферу (ближе к поверхности), Стратосферу, Мезосферу, Термосферу, Экзосферу. При удалении от поверхности давление быстро падает, поэтому в 10-12 км Тропосферы содержится до 80% воздуха и она почти полностью определяет погоду, климат и воздушные потоки. В Стратосфере (20% воздуха до 50 км) располагается озоновый слой (защитный). Озон — состоит из кислорода, образуется под действием внешнего космического излучения. Другие части атмосферы почти не содержат воздуха и не играют большой роли. Линия Кармана (100 км) считается границей космоса. Литосфера Земли содержит твердую оболочку (кора от 30 до 80 км) и образует плиты, которые плавают в жидкой мантии. Столкновения плит объясняют землетрясения, трещины плит образуют разломы в которых действуют вулканы. В целом мантия Земли пока плохо изучена. Гидросфера Земли образована морями, океанами, озерами и реками. Изучением гидросферы занимается физика моря и гидродинамика. Глубина океанов (до 11 км) определяет сложность их изучения из-за высокого давления. Размещение литосферы и гидросферы определяют географию Земли. Географические особенности, течения в гидросфере, горы и реки требуют использования специального раздела физики — физической географии. Кроме того, необходимость добычи полезных ископаемых, строительства, развития транспорта определяет применение физики в геологии (науке о строении и структуре литосферы).

**Географическая оболочка Земли** – ландшафтная оболочка – сфера взаимопроникновения и взаимодействия литосферы, атмосферы, гидросферы и биосферы. Вертикальная толщина составляет десятки километров. Целостность географической оболочки определяется непрерывным обменом энергией и массой между сушей и атмосферой, Мировым океаном и организмами. Природные процессы в оболочке осуществляются за счет лучистой энергии Солнца и внутренней энергии Земли. В пределах географической оболочки возникло и развивается человечество, которое черпает из оболочки ресурсы для своего существования и развития.

**Географическая среда** – земное окружение человеческого общества, часть географической оболочки, включенной в сферу человеческой деятельности и составляющей необходимое условие существования

человеческого общества. Географическая среда оказывает значительное влияние на развитие общества.

**Географический детерминизм** – концепция, придающая географическим факторам решающую роль. Они определяют направление хозяйственной деятельности людей, психический склад, темперамент, характер, обычаи, эстетические взгляды, формы государственного правления и личную жизнь, а также типы этносов, могущих существовать в данном климате на данной территории.

**Геология** – комплекс наук о составе, строении и истории развития земной коры и Земли. Система геологических наук включает следующие разделы:

*стратиграфию* – науку, изучающую последовательность формирования горных пород и их первичные пространственные взаимоотношения;

*тектонику* – науку, изучающую развитие структуры земной коры и её изменения под влиянием тектонических движений и деформаций, связанных с развитием Земли, в *геодинамику*, изучающую силы и процессы в коре, мантии и ядре Земли, обуславливающие глубинные и поверхностные регулярные, импульсные и хаотические движения масс во времени и пространстве;

*морскую геологию* – науку, которая изучает воду как жидкий минерал, содержащий множество растворенных элементов, залежи железисто-марганцевых конкреций на дне океанов, месторождения нефти и газа на шельфах океанов;

*региональную геологию* – науку, которая изучает строение земной коры и месторождения полезных ископаемых различных регионов;

*минералогия* – науку о минералах, их составе, свойствах, особенностях и закономерностях физического строения, условиях образования, нахождения и изменения в природе;

*петрографию (петрологию)* – науку о горных породах, их минеральном и химическом составе, структуре и текстуре, условиях залегания, закономерностях распространения, происхождении и изменении в земной коре, на поверхности Земли;

*литологию* – науку об осадочных породах и современных осадках, их вещественном составе, строении, закономерностях и условиях образования и изменении;

*геохимию* – науку, изучающую химический состав Земли, распространенность в ней химических элементов и их стабильных изотопов, закономерности распределения химических элементов в различных геосферных оболочках, законы поведения, сочетания и миграции (концентрации и рассеяния) элементов в природных процессах;

*учение о полезных ископаемых* – науку о минеральных образованиях земной коры, химическом составе и физических свойствах, используемых в сфере материального производств;

*геохронология* – учение о хронологической последовательности формирования и возрасте горных пород, слагающих земную кору.

Дополнительно:

[1] с.34-131

[2] с.198-204

[4] с.282-309

Земля: Биография планеты. Фильм National Geographic <https://www.youtube.com/watch?v=kS2t0kvIMmw>

Геологическая история Земли, Рождение и эволюция Планеты <https://www.youtube.com/watch?v=fqbPndSLyCl>

### **Механика и механистическая теория мира**

**Механика** — раздел физики, наука, изучающая движение материальных тел и взаимодействие между ними. Принято делить механику на следующие разделы:

- теоретическую механику (статика, кинематика, динамика)
- механику сплошных сред
- теорию упругости и сопротивления материалов
- теорию механизмов и машин

Это разделы классической механики. Помимо нее есть релятивистская и квантовая механика. Классическая механика послужила основанием для формирования механистической теории мира. В рамках классической механики были сформулированы первые законы сохранения — энергии, импульса,

момента импульса.

Классическая механика подразделяется на:

- статику (которая рассматривает равновесие тел);
- кинематику (которая изучает геометрическое свойство движения без рассмотрения его причин);
- динамику (которая рассматривает движение тел с учётом вызывающих его причин).

Основным принципом, на котором базируется классическая механика, является принцип относительности, сформулированный Галилеем на основе эмпирических наблюдений. Согласно этому принципу существует бесконечно много систем отсчёта, в которых свободное тело покоится или движется с постоянной по модулю и направлению скоростью. Эти системы отсчёта называются инерциальными и движутся друг относительно друга равномерно и прямолинейно. Во всех инерциальных системах отсчёта свойства пространства и времени одинаковы, и все процессы в механических системах подчиняются одинаковым законам.

Дополнительно:

[2] с.182-204

[3] с.99-117

[4] с.38-54

### Законы Ньютона. Движение тел

Основой классической механики являются три закона Ньютона.

Первый закон устанавливает наличие свойства инертности у материальных тел и постулирует наличие таких систем отсчёта, в которых движение свободного тела происходит с постоянной скоростью (такие системы отсчёта называются инерциальными).

Второй закон Ньютона на основе эмпирических фактов постулирует связь между величиной силы, ускорением тела и его инертностью (характеризуемой массой). В математической формулировке второй закон Ньютона чаще всего записывается в следующем виде:

$$\mathbf{F} = m \mathbf{a}, \mathbf{F} \text{ — вектор силы, } m \text{ — масса, } \mathbf{a} \text{ — вектор ускорения. } \mathbf{a} = d\mathbf{v}/dt \quad \mathbf{v} \text{ — вектор скорости.}$$

Третий закон Ньютона постулирует наличие для каждой силы, действующей на первое тело со стороны второго, равной по величине и противоположной по направлению силы, действующей на второе тело со стороны первого. Наличие третьего закона Ньютона обеспечивает выполнение закона сохранения импульса (произведения массы на скорость тела) для системы тел. Если можно пренебречь трением, то законы Ньютона так же позволяют сформулировать закон сохранения механической энергии, где кинетическая энергия движения тела пропорциональна квадрату скорости ( $E = mv^2/2$ ).

Используя законы Ньютона можно составить систему дифференциальных уравнений движения тела. Решив эту систему можно найти траекторию движения тела. Все осложняется при взаимодействии нескольких тел, наличии внешних сил (трение и т. д.), тел, которые нельзя считать точечными. Особый вариант описания имеет случай вращательного движения тел. Здесь даже при постоянной скорости вращения действует центростремительная сила и соответствующее ускорение.

Дополнительно:

[2] с.182-204

[3] с.99-117

[4] с.38-54

3 закона Ньютона. <https://www.youtube.com/watch?v=SIV6WkwVBYA>

Механическое движение. <https://www.youtube.com/watch?v=vdep9FPLX2s>

### Электромагнитная теория поля

**Электромагнитное поле** — физическое поле, взаимодействующее с электрически заряженными телами, а также с телами, имеющими электрические токи или магнитные свойства. Магнитные свойства тел определяются наличием внутренних токов или движений заряженных частиц. **Электромагнитное поле** (и его изменение со временем) описывается в электродинамике в классическом приближении посредством системы дифференциальных уравнений Максвелла. Действие электромагнитного поля на заряженные тела описывается в классическом приближении посредством силы Лоренца. Возмущение

электромагнитного поля, распространяющееся в пространстве, называется электромагнитной волной. Любая электромагнитная волна распространяется в пустом пространстве (вакууме) с одинаковой скоростью — скоростью света (свет также является электромагнитной волной). В зависимости от длины волны электромагнитное излучение подразделяется на радиоизлучение, свет (в том числе инфракрасный и ультрафиолет), рентгеновское излучение и гамма-излучение. Вид излучения зависит от частоты электромагнитных колебаний или длины волны и образуют спектр электромагнитного излучения. Радиоволны имеют самую длинную длину волны и низкие частоты (формула  $\lambda=c*T$ , где  $\lambda$  — длина волны,  $c$  — скорость света,  $T$  — период электромагнитных колебаний, частота электромагнитных колебаний  $f=1/T$ ). Так как скорость света постоянна, то по длинам волн/частоте э/м волны можно расположить в порядке убывания длины волны: радиоволны (километровые, метровые, дециметровые или длинные, короткие и ультракороткие), СВЧ (сантиметровые и миллиметровые), инфракрасные или тепловые (100-10 микрометров  $10^{-6}$  метра), традиционный свет (от красного до синего по радуге, 10-0,1 микрометра), ультрафиолет (нанометры  $10^{-9}$  метра), рентгеновские, гамма-излучение. Зная скорость света в вакууме  $c=3*10^8$  м/с можно найти диапазоны частот излучения.

Дополнительно:

[2] с.145-153

[4] с.38-54

Электромагнитные волны <https://www.youtube.com/watch?v=1hkBUIGnnpU>

### Волновая и корпускулярная теории

Проблема столкновения волновой и корпускулярной теории возникла при изучении света и оптики (науки о распространении света и его взаимодействии с телами). Явления преломления, отражения, рассеяния, прохождения света через среды были известны с древних времен. Интересовал ученых древнего мира и проблема цвета тел, жидкостей, газов, неба. Особенно интересны были работы Архимеда с зеркалами. С появлением линз, оптических приборов (подзорная труба, микроскоп, телескоп) изучение оптики стало очень актуальным. В 17 веке большой вклад в оптику внес Ньютон, который обобщил известные тогда работы и выдвинул стройную теорию геометрической оптики. В этой теории Ньютон рассматривал свет как поток частиц — корпускул, причем его знаменитый опыт с призмой (расщепление белого света на спектр цветов) позволило ему предположить наличие корпускул разного типа для разных цветов. В теории Ньютона объяснялись явления отражения, преломления, рассеивания света и проблема наличия цветов. Однако оставались непонятными явления интерференции и дифракции. Согласно корпускулярной теории между пучками излученных частиц, каковыми является свет, возникали бы столкновения или, по крайней мере, какие-либо возмущения, но все особенности интерференции и дифракции объяснить было трудно. К концу 17 века стало очевидным, что явления интерференции и дифракции можно объяснить только в рамках волновой теории, а не на основе механистической корпускулярной теории света.

Принципиально иным путём объяснял оптические явления голландский ученый Христиан Гюйгенс (1629-1695 г.г.) на основе сформулированной им волновой теории. Он утверждал: «два луча света, пересекаясь, пронизывают друг друга без каких-либо помех, в точности, как два ряда волн на воде». Волновая теория устанавливала аналогию между распространением света, движением волн на поверхности воды и звуковых волн в воздухе. В волновой среде предполагалось наличие упругой среды, заполняющей все пространство - светоносного эфира. Распространение света рассматривалось как распространение колебаний эфира: «Каждая отдельная точка эфира колеблется в вертикальном направлении. Колебания всех точек создают картину волны, перемещаемой в пространстве от одного момента времени к другому-му». На основе волновой теории Х. Гюйгенс объяснил отражение и преломление света.

Особенно удобной оказалась волновая теория для объяснения интерференции и дифракции как явлений наложения 2-х или более волн друг на друга. Прохождение света через щель давали дифракционную картину, которая часто была очень четкой. Аналогично можно было наблюдать подобные явления с дифракцией волн воды, которые никак не были связаны с движением частиц. Была разработана математическая теория интерференции и дифракции, которая была проверена в экспериментах и дала точное соответствие. Более того, на основе этих теорий были разработаны

специальные приборы — интерферометры, дифракционные решетки, которые стали активно использоваться на практике. С этого времени так же начинается активное изучение спектров излучения. Которое с появлением фотопластинок стало мощным средством изучения окружающего мира. Спектральный анализ позволил определить химический состав звезд и различных тел, особенности излучения горячих тел. Однако изучение таких излучений и фотоэффекта (Столетов) заставило вновь вернуться к корпускулярной теории. Оказалось, что здесь электромагнитное излучение поглощается или излучается дискретными порциями — фотонами. В 1900 году немецкий физик М. Планк при изучении теплового излучения выдвинул предположение, что *атом испускает энергию не непрерывно, «как в классике», а порциями (квантами)*. В 1905 году при объяснении фотоэффекта Эйнштейн высказал еще идею, что *атом поглощает энергию также квантами*. Квант света был назван впоследствии *фотоном*. Все это вновь обострило дискуссию о природе света, который, с одной стороны, понимался как электромагнитная волна, а, с другой стороны – как поток частиц (фотонов).

Таким образом, к концу XIX века физика пришла к выводу, что материя существует в двух видах: дискретное вещество и непрерывное поле. Вещество и поле различаются по своим физическим характеристикам: вещество - дискретно и состоит из атомов. Частицы вещества обладают массой покоя; поле – непрерывно, массой покоя оно не обладает, скорость его распространения равна скорости света. Пытаясь объяснить особенности теплового излучения, Макс Планк попытался установить закономерность, которая бы четко выражала зависимость распределения энергии в спектре излучения от температуры и длины волн. В результате он вывел формулу для энергии излучаемого фотона  $E = h \cdot f$  ( $f$  – частота излучения). Величину  $h$  Планк назвал *квантом действия*. Она является **фундаментальной постоянной, равной  $6,626 \cdot 10^{-34}$  Дж\*с**. Поэтому, теорию излучения квантов назвали квантовой. Для разрешения проблем квантовой теории в 1924 году французский физик Л. Де Бройль выдвинул *идею о волновых свойствах материи*, поясняя дуализм света как частный случай: *Материя в целом может в одних условиях вести себя как волна, а в других условиях – как поток частиц*. В квантовой теории поля этот принцип расширили на все частицы, а волны частиц стали называть волнами Де Бройля. Следует отметить, что волновые свойства микрочастиц нельзя переносить на макрочастицы. Волновые свойства макроскопических тел экспериментально не обнаружены. Длины волн, соответствующие микрочастицам, находятся за пределами доступной наблюдению области. Поэтому считается, что макроскопические тела проявляют только корпускулярные свойства.

Дополнительно:

[2] с.145-176

Макс Планк - немецкий физик-теоретик, основоположник квантовой физики.

[https://tvkultura.ru/video/show/brand\\_id/21985/episode\\_id/1500126/video\\_id/1633826/viewtype/picture/](https://tvkultura.ru/video/show/brand_id/21985/episode_id/1500126/video_id/1633826/viewtype/picture/)

Электромагнитная картина мира

История:

Известные ещё со времён античности электричество и магнетизм до начала XIX в. считались явлениями, не связанными друг с другом, и рассматривались в разных разделах физики.

В 1785 Шарль Кулон открыл закон притяжения разноименных электрических зарядов между собой. Сила взаимодействия двух точечных зарядов в вакууме направлена вдоль прямой, соединяющей эти заряды, пропорциональна их величинам и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Она является силой притяжения, если знаки зарядов разные, и силой отталкивания, если эти знаки одинаковы. Таким образом, окончательно было определено наличие зарядов 2-х типов (+ и -), установлена формула для расчета силы их взаимодействия. На основе формулы Кулона был построен математический метод расчета силы электрического поля для распределенного в пространстве заряда. Были проведены эксперименты с металлическими опилками, которые показали расположение в пространстве такого электрического поля, введено понятие силовых линий поля. Таким образом, электрическое поле распространялось на все пространство, но его сила быстро убывала. Был так же обнаружен эффект экранирования электрического поля.

В 1819 г. датский физик Г. Х. Эрстед обнаружил, что проводник, по которому течёт электрический ток, вызывает отклонение стрелки магнитного компаса, расположенного вблизи этого проводника, из чего следовало, что электрические и магнитные явления взаимосвязаны. По аналогии с электрическим было



определено понятие магнитного поля в пространстве и обнаружены его силовые линии.

Французский физик и математик А. Ампер в 1824 г. дал математическое описание взаимодействия проводника тока с магнитным полем (Закон Ампера).

В 1831 г. английский физик М. Фарадей экспериментально обнаружил и дал математическое описание явления электромагнитной индукции — возникновения электродвижущей силы в проводнике, находящемся под действием изменяющегося магнитного поля.

В 1864 г. Дж. Максвелл создаёт теорию электромагнитного поля, согласно которой электрическое и магнитное поля существуют как взаимосвязанные составляющие единого целого — электромагнитного поля. Эта теория с единой точки зрения объясняла результаты всех предшествующих исследований в области электродинамики, и, кроме того, из неё вытекало, что любые изменения электромагнитного поля должны порождать электромагнитные волны, распространяющиеся в диэлектрической среде (в том числе, в пустоте) с конечной скоростью, зависящей от диэлектрической и магнитной проницаемости этой среды. Для вакуума теоретическое значение этой скорости было близко к экспериментальным измерениям скорости света, полученным на тот момент, что позволило Максвеллу высказать предположение (впоследствии подтвердившееся), что свет является одним из проявлений электромагнитных волн.

В 1887 г. немецкий физик Г. Герц поставил эксперимент, полностью подтвердивший теоретические выводы Максвелла. Его экспериментальная установка состояла из находящихся на некотором расстоянии друг от друга передатчика и приёмника электромагнитных волн, и фактически представляла собой исторически первую систему радиосвязи, хотя сам Герц не видел никакого практического применения своего открытия, и рассматривал его исключительно как экспериментальное подтверждение теории Максвелла.

В дальнейшем появление теории относительности и квантовой теории поля дало возможность модернизировать классическую электродинамику — появилась квантовая электродинамика.

Дополнительно:

[2] с.113-119

[4] с.128-132

07.Из истории великих научных открытий: Андре-Мари Ампер и электромагнетизм

<https://www.youtube.com/watch?v=oPs1IL3-kJI>

Майкл Фарадей От электричества до электрогенератора [https://www.youtube.com/watch?v=at14H\\_GQzu8](https://www.youtube.com/watch?v=at14H_GQzu8)

История развития электричества. <https://www.youtube.com/watch?v=joHKea6WKi4>

Андре Мари Ампер <https://www.youtube.com/watch?v=H7jMBkBW7M>

Магниты, научно познавательный фильм <https://www.youtube.com/watch?v=oRKeiWd2E7A>

### Акустика

Параллельно с возникновением волновой теорией света эту теорию стали применять к звуковым колебаниям. Так возникла акустика как часть физики. Теорию акустических колебаний и волн разрабатывали позже чем для электромагнитного поля, но по тем же идеям и формулам. Главное отличие оказалось в том, что акустические волны могут быть и продольными и поперечными. В акустике так же есть явления отражения, преломления, интерференции, излучения, дифракции, рассеяния. Но квантовых условий достигнуть не удалось, так как трудно получить длины волн и частоты, где такие явления могут возникать. При этом есть взаимодействие акустических и электромагнитных колебаний (пьезоэффект, электрострикция) и при высоких частотах электромагнитные колебания уже доминируют. Спектр акустических волн : инфразвук (до 100 Гц), слышимый звук (0,1 КГц-30 КГц), ультразвук (> 30КГц). Дальнейшее повышение частоты приводит к гиперзвуку, в котором очень сильно затухание и он возможен лишь в кристаллах, где колеблются отдельные атомы. Здесь уже разница с э/м колебаниями минимальна, возникают тепловые фотоны и используется квантовая теория.

### Термодинамика

Вместе с изучением натурфилософии древние ученые определили понятия температура, тепло, нагревание. Были выделены 3 состояния вещества — твердое, жидкое, газообразное. Применительно к

воде легко было увидеть, что вода бывает во всех 3 состояниях. Однако до Нового времени количественных законов для тепловых процессов не было. Были некоторые работы Архимеда и других ученых, но настоящей науки не было. С появлением паровых машин появилась необходимость в такой науке.

Развитие научного знания о теплоте началось вместе с изобретением прибора, способного измерять температуру — термометра. Считается, что первые термометры сделал Галилей в конце 16 века. Первые паровые машины появились во второй половине 18 века и ознаменовали наступление промышленной революции. Учёные и инженеры стали искать способы увеличить их эффективность. Появились работы Карно и Фурье в 20-е годы 19 века.

В 40-х годах 19 века Майер и Джоуль количественно определили связь между механической работой и теплотой и сформулировали универсальный закон сохранения и превращения энергии. В 50-е годы Клаузиус и Кельвин систематизировали накопленные к тому времени знания и ввели понятия энтропии и абсолютной температуры. Были сформулированы 1-е и 2-е начала термодинамики.

Общее начало термодинамики утверждает, что **изолированная термодинамическая система с течением времени самопроизвольно переходит в состояние термодинамического равновесия и остаётся в нём сколь угодно долго, если внешние условия сохраняются неизменными.**

Первое начало термодинамики выражает универсальный закон сохранения энергии применительно к задачам термодинамики и исключает возможность создания вечного двигателя первого рода, то есть устройства, способного совершать работу без соответствующих затрат энергии.

Второе начало термодинамики задаёт ограничения на направление процессов, которые могут происходить в термодинамических системах, и исключает возможность создания вечного двигателя второго рода. То есть «Невозможен круговой процесс, единственным результатом которого было бы производство работы за счёт охлаждения теплового резервуара».

Основной работы термодинамических систем является закон Менделеева-Клапейрона:

$P \cdot V = \nu \cdot R \cdot T$ , где  $P$  — давление,  $V$  — объем,  $\nu$  — число молей (определяется числом молекул вещества),  $R$  — универсальная константа,  $T$  — температура. В целом закон оказался не совсем точен, он работает только для идеального газа, однако он объединил известные на то время процессы в газах (изобарные, изотермические, изохорические), которые описывались отдельными законами. Для реальных газов вводятся уточняющие поправки. В 20 веке для уточнения теории работы термодинамических систем были введены методы статистической физики, затем квантовой термодинамики. В целом на основе классической термодинамики возникли теории твердого тела, теория реальных и квантовых газов, термодинамика плазмы и другие. Плазма была выделена как особое 4 состояние вещества, кроме того при очень низких температурах, при очень высоких температурах, при очень высоких давлениях вещество может находиться в таких состояниях, которые могут быть описаны (и то не точно) только с помощью квантовой теории. Кроме того есть еще особая форма твердого состояния — кристаллы, которые имеют уникальные свойства. Затем были обнаружены особые свойства у многокомпонентных и композитных структур. Например нанотрубки обладают невероятными прочностными характеристиками.

Дополнительно:

[2] с.113-119

[4] с.38-54, 260-270

Звуковые волны. <https://www.youtube.com/watch?v=TJCg9hsvULY>

Физика (тепловые двигатели и паровая машина) <https://www.youtube.com/watch?v=zPnXV9KGnWY>

Газовые законы <https://www.youtube.com/watch?v=UMld6gSiQS8>

### Микромир. Молекулярное, атомное и внутриатомное строение материи

В основе представлений о микромире лежит атомистическая концепция о строении материи, которая впервые была выдвинута древнегреческим философом Левкиппом (ок. 500–440 гг. до н. э.). Он ввёл такие понятия, как «*атом*» и «*пустота*». Атомистические представления Левкиппа были конкретизированы, дополнены и развиты другим великим древнегреческим философом Демокритом

(ок. 460–370 гг. до н. э.). Согласно гипотезе Демокрита в абсолютной пустоте окружающего пространства существует бесконечное число мельчайших неделимых частиц – атомов, которые имеют разнообразную форму и движутся в пустоте беспорядочно, иногда они сталкиваются и отскакивают друг от друга, но иногда сцепляются в разных положениях и сочетаниях, что означает образование вещей с разным качеством. Эпикур (341–270 гг. до н. э.) наделил атомы ещё свойством тяжести. Атомы вечны, а вещи, образованные из них, гибнут (разъединяются), но сами атомы остаются, они далее могут сцепляться в новых сочетаниях с образованием новых вещей и т. д.

Концепция атомизма получила дальнейшее развитие в XVIII веке в работах Дж. Дальтона (1766–1844), который принял атомный вес водорода за единицу и сопоставил с ним атомные веса других газов. Благодаря этому стали изучаться физико-химические свойства атомов. В 19 веке Д. И. Менделеев (1834–1907) построил систему химических элементов, основанную на их атомном весе. Кроме того, открытие броуновского движения клеток и микроорганизмов позволило впервые экспериментально доказать постоянное движение мельчайших частиц вещества, которые стали идентифицироваться как молекулы. Было доказано, что молекулы и атомы не одно и то же. В молекулу входит как правило несколько атомов, связанных валентной связью. Понимание валентной связи атомов в сочетании с периодической системой элементов позволило сделать важный шаг в развитии химии. Появилась возможность классифицировать элементы по типам (металлы, инертные элементы и т. д.), предсказывать наличие и химические свойства новых элементов (при заполнении таблицы элементов), классифицировать химические структуры (кислоты, щелочи, соли и т. д.), строить структурные модели как известных химических веществ, так и новых еще не синтезированных (особенно плодотворным этот подход стал для органической химии).

Дальнейшим этапом освоения микромира стало изучение структуры атома. Систематические исследования строения атомов начались в 1897 году благодаря открытию Дж. Томсоном (1856–1940) электрона – отрицательно заряженной частицы, входящей в состав всех атомов. В 1903 году Дж. Томсон, развивая идеи У. Томсона (лорда Кельвина) (1824–1907) о строении атома (У. Томсон в 1902 году предложил первую модель атома, согласно которой положительный заряд в атоме распределен в достаточно большой области, а электроны вкраплены в него, как «изюм в пудинг»), усовершенствовал модель атома. Атом по Дж. Томсону представлял собой положительно заряженный шар с вкрапленными в него электронами, суммарный отрицательный заряд которых по модулю равен положительному заряду шара (модель атома Томсона). Поскольку масса электрона приблизительно в 2000 раз меньше массы атома водорода, то предполагалось, что почти вся масса атома определяется массой положительного заряда. Опыты с прохождением альфа-частиц через металлическую фольгу в лаборатории Резерфорда показали, что атом почти полностью пуст. Это заставило Резерфорда перейти от модели «пудинга» к модели «солнечной системы», где место Солнца занимает массивное положительное ядро, а электроны вращаются подобно планетам по своим орбитам. Плотность ядра при этом оказалась чрезвычайно огромной, что позволило сделать вывод о возможности сильного сжатия вещества и дало новые идеи о процессах и веществе внутри звезд (где очень высокое давление). Появилось понятие свободный электрон — электрон, который «оторвался» от своего атома. Так как для отрыва требуется энергзатраты, то получение свободных электронов требует использования особой энергии выхода электронов. Стали более понятны процессы, возникающие при поляризации, намагничивании тел и образовании токов (особенно в вакууме). Возникло понятие «электронный» газ.

При изучении спектров излучения различных веществ, проявилась зависимость их от атомного состава (т. е. каждый атом имеет свой спектр, структура которого зависит от химического элемента для этого атома). Например наличие водорода можно определить по спектру излучения молекулы любого вещества, в составе которой есть хотя бы 1 атом водорода. Это дало метод определения структуры различных веществ и объектов (в том числе и звезд). Стало ясно, что окислительного горения внутри звезды нет (объяснение свечения звезд как окислительной реакции горения было окончательно отвергнуто и была выдвинута идея само поддерживаемой ядерной реакции). Одновременно изучение спектра поставило вопрос о наличии квантовых эффектов в атомах.

Для объяснения квантовых эффектов в атомах датский ученый Н. Бор (1885–1962) выдвинул в 1913 году предложения о специальных оболочках или состояниях для электронов. В модели Бора электрон не может иметь произвольную орбиту и соответственно энергию выхода, а заполняет одну из

существующих для данного ядра электронных оболочек. Если атом потерял электрон, то он ионизируется (превращается в заряженный ион). Изучение ионизации показало, что число электронов в атоме конечно и их можно пересчитать. Таким образом был вычислен положительный заряд ядра атома. Обнаружение положительно заряженной частицы — протона (который имеет заряд точно равный по абсолютной величине заряду электрона) позволило в модели Бора предположить, что ядро состоит из нескольких протонов. Измерение массы протона и сравнение с массой ядер различных атомов показало, что масса ядра больше. Была выдвинута идея о наличии в ядре еще и частиц без заряда — нейтронов. Обнаружить в эксперименте свободный нейтрон оказалось гораздо сложнее чем протон или электрон, так как он не имеет заряда и не взаимодействует с электромагнитным полем. Но в конце концов нейтрон был обнаружен в 1932 году английским физиком Д.Чедвиком (1891–1974). В результате модель Бора точно характеризовала атом любого вещества набором протонов и нейтронов в ядре и наличием электронных оболочек, которые могут быть заполнены или нет. Атом у которого все оболочки заполнены химически инертен, наличие незаполненных оболочек определяет валентность и химические особенности элемента. Атомы с незаполненными оболочками могут связываться между собой заполняя оболочки «общими» электронами, образуется молекула вещества. Например атом водорода Н имеет 1 незаполненную оболочку, поэтому 2 атома объединяются в молекулу из 2-х атомов  $H_2$ . Имея незаполненную оболочку водород химически активен и образует молекулы различных химических веществ, в которых он может обмениваться 1 электроном. Например кислород О имеет 2 незаполненные оболочки, поэтому образуется молекула  $H_2O$  — вода. Объединение электронов — энергетически выгодная операция, поэтому водород горит в кислороде выделяя энергию — тепло.

Таким образом модель Бора дала хорошее объяснение таблице Менделеева, валентности и химическим свойствам ее элементов, оказалась она довольно очной и для спектров излучения водорода. Однако спектры других веществ эта модель предсказывала неверно, ее необходимо было усовершенствовать. Кроме того, не было понятно почему вращающиеся вокруг ядра заряженные электроны не излучают электромагнитные волны. В тоже время возможно излучение, если энергия этой волны равна разности энергий оболочек или равна энергии выхода. Было очевидно, что простое представление о движении электрона по круговой оболочке не отражает реальность.

Модификация модели атома была сделана после создания полноценной квантовой теории поля и уравнения Шредингера для квантовых систем. Оказалось, что электроны, протоны, нейтроны имеют множество квантовых характеристик, которые определяют их поведение в атоме. В тоже время излучение или поглощение атомом энергии возможно только с помощью квантовых частиц — фотонов, бозонов и т. д. Особенности квантовых характеристик этих частиц так же влияют на процессы в атоме. Было доказано, что протоны и нейтроны в ядре (общее название частиц ядра — нуклоны, подвид адронов, поэтому коллайдер называется адронным) взаимодействуют не с помощью электромагнитных полей, а особым видом взаимодействия. Взаимодействие адронов в ядре оказалось много сильнее электромагнитного (поэтому ядро не разваливается при отталкивании протонов друг от друга), поэтому оно было названо сильным. В тоже время, при увеличении расстояния между адронами сильное взаимодействия уменьшается гораздо быстрее электромагнитного и практически не влияет на молекулярном уровне. Поэтому сильное взаимодействия не сжимает все адроны вещества в одно ядро, как внутри нейтронной звезды. Помимо сильного внутри атома действует слабое взаимодействие, которое так же не чувствуется на молекулярном уровне. Все эти особенности делают квантовую модель каждого атома довольно сложной структурой, которая в настоящее время довольно хорошо описывает спектры излучения и поглощения элементов.

Особую роль в изучении физика атомов играет теория ядерных реакций. Первоначально атомы считались совершенно не изменяемыми. Это считалось главным предназначением понятия атом — частица из которой состоит все, а она не содержит внутренней структуры. Изучение химии заставило принять концепцию молекул и не делимая часть — атом стало уже частью молекулы. В отличии от алхимии химия выделила таблицу основных химических элементов, которые не преобразуются друг в друга и не меняются при химических реакциях. Однако в физике все оказалось сложнее. Открытие электрона и ионизации, показало что атом может быть в различных ионизированных состояниях и может терять электроны как часть себя. Затем была открыта супругами Кюри радиоактивность.

**Радиоактивность** — свойство ядер самопроизвольно менять свой состав путем испускания

частиц. Основными видами радиоактивного распада являются альфа-распад (испускание ядром альфа-частицы), бета-распад (испускание ядром бета-частицы), спонтанное деление ядер и гамма-излучение возбужденных ядер. **Альфа-частица** – это ядро атома гелия. **Бета-частица** – это электрон, возникший при распаде одного нейтрона внутри ядра. **Гамма-квант** – это квант жесткого электромагнитного излучения.

В результате ядра атомов могут делиться или испускать частицы и превращаться в ядра атомов других элементов. Эти реакции были названы ядерными реакциями деления. Следующим шагом были обнаружены реакции поглощения ядром атома частицы или другого ядра с образованием ядра нового элемента. Эти реакции были названы ядерными реакциями синтеза. Среди реакций синтеза особую роль стали играть термоядерные реакции, которые происходят при сжатии и сильном нагревании вещества. Эти реакции наиболее точно соответствуют условиям ядерных реакций внутри звезд. Таким образом, современная физика считает термоядерные реакции главным механизмом создания обычного вещества во вселенной и одним из важнейших механизмов ее эволюции.

Ядерные реакции в чем то подобны химическим и расширяют круг реакций превращения веществ в природе. Для применения химии в практике особую роль играли само поддерживающиеся реакции горения и взрыва, реакции с катализатором, циклические реакции. Они дают энергию, определяют работу двигателей, работу наиболее важных химических производств. Аналогично и для ядерных реакций. В конце 30-х годов 20 века физики обнаружили явление само поддерживающейся циклической реакции распада ядер урана и плутония. Катализаторами и регуляторами таких реакций стали некоторые вещества, замедляющие или поглощающие нейтроны (графит, тяжелая вода и т. д.) На основе таких систем были созданы ядерные реакторы и ядерные взрывные устройства. Ядерные реакторы деления стали основой ядерной энергетики и ядерного транспорта, а ядерные взрывные устройства основой наиболее мощного оружия. Более сложной стала реализация ядерных реакций синтеза. Не управляемый ядерный синтез (термоядерная бомба) был реализован с помощью ядерного взрывного устройства на основе реакции распада. Ядерный взрыв сжимает и разогревает атомы водорода и реализует локально термоядерную реакцию взрыва водородной бомбы. Управляемую реакцию термоядерного синтеза пока реализовали только локально, для ограниченного промежутка времени, который не дает пока реализовать энергоустановку на основе термоядерной реакции. Существуют несколько вариантов реализации управляемого термоядерного синтеза — токамак (сжатие и разогрев водородной плазмы в сильном магнитном поле), лазерный (сжатие и разогрев водородной плазмы в сильном пучке лазерного излучения), холодный ядерный синтез (особые варианты реакции при сравнительно низких температурах). Главная идея термоядерной реакции — сжать и нагреть водородную плазму до состояния когда атомы водорода будут очень часто сталкиваться между собой с достаточно большой энергией столкновений. При реакции синтеза выделяются фотоны и частицы, которые дополнительно разогревают плазму. Главное — удержать эту плазму, не дать ей расширяться или взорваться.

Дополнительно:

[2] с.155-176

[3] с.172-189

[4] с.135-158

Диалоги: «Физика элементарных частиц». Часть I <https://www.youtube.com/watch?v=Ju5TEjkrxAI>

Диалоги: "Физика элементарных частиц". Часть II [https://www.youtube.com/watch?v=xZuE7aOp\\_vo](https://www.youtube.com/watch?v=xZuE7aOp_vo)

### Квантовая теория

Для объяснения корпускулярно-волнового дуализма материи было решено ввести особые уравнения квантовой механики (1926— 1927 гг.) Шрёдингера, которые являются аналогом уравнения движения Ньютона для классической частицы. Шрёдингер предложил считать квантовую частицу волновым «солитонном» (сгустком волн). Он считал, что все процессы в микромире являются исключительно волновыми процессами, т.е. что только волны обладают физической реальностью. По его мнению, частица — не что иное, как группа волн, занимающая определенную часть пространства и движущаяся как единое целое. Для описания этой волны вводится волновая функция, описывающая состояние

каждой квантовой частицы. Волновая функция занимает все пространство и частица как бы «размазана» по всему пространству. Почему же мы видим частицу в каком-то конкретном месте? Дело в сгущении этой функции или ее разряжении (аналог вероятностной или нечеткой функции/логики). Как только мы пытаемся определить где точно находится частица, мы начинаем взаимодействовать с этой функцией. Таким образом, любое измерение для квантовых объектов приводит к изменению состояния объекта и его функции («кот» Шредингера). Когда квантовых частиц много, они все взаимодействуют друг с другом и итоговая волновая функция перемешивается или «запутывается». Поэтому чистыми квантовыми свойствами обладают только малые объекты — квантовые частицы. Более сложные объекты уже теряют квантовые свойства. Поэтому квантовая механика характерна только для микромира.

Особую роль в создании квантовой теории сыграл Планк. Изучая излучение нагретых тел и пытаясь согласовать экспериментальные особенности спектров излучения с теорией электродинамики Планк выдвинул идею, что обмен между излучением и веществом происходит не непрерывным образом, а дискретными порциями, квантами. При этом количество энергии, сопоставляемое кванту с частотой  $f$  (величина, обратная длине волны  $\lambda$ ), определяется по формуле

$E = hf$  (формула Планка). Здесь где  $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$  Дж\*с и есть *постоянная Планка*. *Физический смысл постоянной Планка состоит в том, что если в классической физике минимальное количество действия может быть любым, то в квантовомеханическом представлении оно не может быть меньше  $h$* . В этих условиях энергия, импульс и момент импульса (а так же спин — некая величина, аналог вращательного момента квантовой частицы) так же будут иметь дискретный спектр значений, т.е., как говорят физики, квантованы. В дальнейшем этот подход был поддержан Бором при построении своей модели атома и стал краеугольным камнем квантовой теории (почему она и названа квантовой. В 1905 г. Эйнштейн для объяснения фотоэлектрического эффекта также постулировал, что электромагнитное излучение, как и тепловое, имеет квантовый характер и состоит из квантов — фотонов. Напомним, что фотоэлектрический эффект (фотоэффект) — это явление испускания электронов из вещества под действием света. Согласно Эйнштейну кинетическая энергия вылетающего фотоэлектрона равна разности между энергией фотона и минимальной энергией, необходимой для освобождения электрона из вещества, которая называется работой выхода.

Влияние измерения на поведение квантового объекта приводит к тому, что проявление квантового объекта в качестве или частицы, или волны будет зависеть от того, что и как мы измеряем. Поэтому волновой или корпускулярный характер квантовая частица приобретает лишь в глазах экспериментатора. С другой стороны влияние процесса измерения на величины приводит к их неопределенности. Гейзенберг, Паули и Дирак сформулировали теорию квантового измерения и определили так называемые условия неопределенности Гейзенберга — величина энергии, импульса, координата частицы не могут быть измерены точно одновременно (даже теоретически). Точность этого измерения описывается *соотношением неопределенности Гейзенберга*, введенным им в 1927 г.:  $\Delta x \cdot \Delta p \geq h$ , где  $h$  — постоянная Планка. Физический смысл этого соотношения состоит в том, что в природе должен существовать принцип, ограничивающий возможности любых экспериментов (измерений). Применительно к квантовой частице это означает, что изменение импульса частицы  $\Delta p$  и изменение ее координаты  $\Delta x$  определены с точностью до величины кванта минимального действия  $h$ . Поэтому физики говорят, что одновременно точно измерить координату, импульс нельзя. Из соотношения неопределенности также следует, что, измеряя сколь угодно точно одну из величин, мы получаем неопределенность в другой, поскольку их произведение равно определенной величине. Таким образом, принцип неопределенности имеет *принципиально вероятностный характер* предсказания событий. Квантовая теория не может предсказать результат отдельного события, однако она с большой точностью дает средние значения для большого числа событий. Мерой вероятности поведения квантовой частицы является введенная Шредингером в его уравнении так называемая *волновая функция*  $\psi$ , которая используется для вычисления вероятности того, что частицу можно обнаружить в данной точке. Сама функция  $\psi$  не имеет прямого физического смысла — это лишь математическая запись возможности (вероятности) определения, но сходная с понятием амплитуды волны. Было показано, что непосредственно измерить ее нельзя, можно измерить лишь интенсивность (физически она связана с энергией), которая пропорциональна квадрату модуля волновой функции  $|\psi|^2$ , или плотности вероятности. Таким образом, плотность вероятности  $|\psi|^2$  и дает распределение вероятности нахождения

частицы в пространстве. Такой способ описания поведения частицы и принцип неопределенности Гейзенберга хорошо согласуются с корпускулярно-волновым дуализмом. Волну нельзя локализовать в пространстве, и поэтому любое измерение поведения частицы, проявляющей и волновые свойства, принципиально связано с неопределенностью. Принцип неопределенности Гейзенберга дает количественное выражение этой неопределенности. Бор в 1928 г. обобщил принцип неопределенности Гейзенберга в своем принципе дополнительности, смысл которого в обобщенной формулировке состоит в том, что получение экспериментальной информации об одних физических параметрах неизбежно приводит к потере других, дополнительных параметров, которые характеризуют это же явление (эффект) с несколько другой стороны. В физическом смысле такими дополнительными друг к другу сущностями, помимо упомянутых координаты и импульса, могут быть волновое и корпускулярное проявления вещества или излучения, энергия и длительность события или измерения. Соотношение неопределенности для энергии и длительности измерения имеет вид:  $\Delta E \cdot \Delta t \approx h$ , где  $\Delta E = E_2 - E_1$  — разность энергий в два различных момента времени, разделенных промежутком  $\Delta t$ . Современная теория строения атома также основана на квантово-механических представлениях; в частности, используя идею о свойствах электрона, Паули сформулировал принцип, позволяющий объяснить расположение электронов по оболочкам. Результаты и идеи квантовой теории позволили построить новый раздел современной физики — о движении заряженных микрочастиц, учитывая их квантово-механическую природу, — квантовую электродинамику. Огромный вклад в эту физику внес Нобелевский лауреат Р. Фейнман. По существу, здесь рассматривается квантовая природа электромагнитного поля, и поскольку движение заряженных микрочастиц есть всеобщее явление природы, то можно сказать, что квантовая электродинамика описывает все явления физического мира, за исключением гравитации и радиоактивности. Эта теория проверялась в диапазоне размеров от ста диаметров Земли до одной сотой атомного ядра, и точность предсказаний была поистине потрясающей.

Дополнительно:

[2] с.155-176

[4] с.240-248

Теория струн кратко и понятно. <https://www.youtube.com/watch?v=AFjUVavXWc0>

КАК МЕНЯЮТ МИР КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ? | IQ <https://www.youtube.com/watch?v=sQ2WNTp8tI>

[v=sQ2WNTp8tI](https://www.youtube.com/watch?v=sQ2WNTp8tI)

Квантовое устройство мира <https://youtu.be/Jb2WbLe5yQM>

### Элементарные частицы

Эволюция картины микромира проходила определенные этапы:

- атомистическая модель Левкиппа — Демокрита о том, что весь мир состоит из атомов;
- идея молекулярного состава химических веществ;
- модели атомов Резерфорда и Бора, показали наличие электронов и ядра атомов;
- открытие протонов, нейтронов, квантовая модель фотонов, позволила на современном уровне уже говорить, что микромир состоит из взаимодействующих элементарных квантовых частиц.

При этом необходимо было выяснить какие частицы существуют, какими свойствами обладают и какие силы и законы на них действуют. Первоначально было известно только 2 вида взаимодействия материи — гравитационное (определяется свойством массы) и электромагнитное (определяется свойством электрического заряда + или - и магнитным моментом — аналогом магнитного поля замкнутого контура с током). Таким образом, частицы обладали свойствами массы, заряда и магнитного момента. По массе частицы разделились на частицы с массой покоя (электрон, протон, нейтрон) и без массы покоя (фотоны). Фотоны были по теории близкого действия переносчиками электромагнитного взаимодействия-поля. По аналогии предположили о существовании гравитонов — переносчиков гравитационного поля. Но пока их не смогли обнаружить экспериментально. По заряду частицы разделились на отрицательно заряженные (пример — электроны), положительно заряженные (пример — протоны) и частицы без заряда (пример — нейтроны). Причем измерения заряда показали, что заряд электрона и заряд протона по модулю равны, что дало основание считать заряд электрона «кирпичиком» или минимальной единицей заряда.

Дальнейшее изучение спектров излучения атомов, дало основание ввести еще 1 свойство

квантовых частиц — спин. Для него ввели аналогию — момент вращения, то есть частица как бы вращается вокруг своей оси. Конечно для квантовых частиц это не совсем верно, но пока другой аналогии не выявлено. Таким образом, наделение частиц внутри атома (электроны, протоны нейтроны) свойствами заряда, магнитного момента и спина и введения принципа квантования их величин позволило объяснить практически все особенности спектров излучения атомов. В настоящее время такая квантовая модель атома, описываемая уравнениями Шредингера для волновой функции, считается базовой.

Особой проблемой для модели атома стало объяснение стабильность его ядра. Ведь отталкивание положительно заряженных протонов должно было его разрушить. Значит между протонами есть еще одно взаимодействие более сильное чем электромагнитное. Кроме того, оно действует и на не заряженные нейтроны. Такое взаимодействие назвали сильным нуклонным взаимодействием, а для протонов и нейтронов появилось общее название — нуклонное. У сильного взаимодействия должен быть свой переносчик. И такая частица была обнаружена — мезон, однако он оказался не очень стабильным, что объясняет быстрое уменьшение мощности сильного взаимодействия с увеличением расстояния (гораздо быстрее  $1/R^2$ ). Поэтому вылетев из ядра достаточно далеко протон уже назад не «падает».

Физика элементарных частиц начала активно развиваться с появлением средств регистрации таких частиц (счетчик Гейгера и т. д.) и ускорителей. Ускоритель — прибор, который ускоряет заряженные частицы электромагнитным полем. Ускорители бывают линейными или циклическими (круговыми). Движение частицы по кругу дает возможность ее сильнее разогнать, ближе к скорости света. В результате она получает значительную энергию. Многие физические процессы при высоких энергиях проявляются особо, что дало возможность выделить в отдельный раздел Физику Высоких Энергий. Далее частица сталкивается с мишенью, т. е. с другой частицей почти неподвижной. Это приводит к выделению всей накопленной энергии и проявлению различных последствий. Особенно высокая энергия получается, если сталкиваются 2 потока движущихся навстречу друг другу пучков частиц. Постепенно ускорители становились все больше по размерам (диаметром в несколько километров), что давало все большую энергию. При этом рождались все новые и новые частицы. Так были найдены гипероны. Название «гипероны» происходит от греческого «гипер» — выше, так как они тяжелее протона, но так же подвержены сильному взаимодействию. Нуклоны и гипероны объединили в класс барионов — от греческого «барис» тяжелый. Барионы (нуклоны, гипероны, барионные резонансы — короткоживущие частицы) при любых реакциях могут превращаться в протоны или из них получаться. Далее были найдены сильно взаимодействующие мезоны и образовался класс адронов=мезоны+барионы (поэтому суперколлайдер называется адронным). Таким образом, сильное взаимодействие влияет на поведение адронов. Особую роль в исследовании квантовых частиц сыграло открытие нейтрино. При изучении некоторых реакций было обнаружено нарушение закона сохранения энергии, Паули предположил (1930 г.) что энергия выделяется вместе с небольшой незаряженной частицей (уменьшенной копией нейтрона — нейтрино). Однако обнаружить в эксперименте эту частицу оказалось очень трудно, она легко пролетает даже через Землю (50-е года). Еще труднее было определить ее массу, она оказалась столь малой, что некоторые ученые предлагали считать ее безмассовым фотоном переносчиком особого вида взаимодействия. И только в конце 20-начале 21 века наличие массы покоя нейтрино было определено. При этом было определено как минимум 3 разных типа нейтрино, а антинейтрино так пока и не обнаружено.

Более легкие частицы тоже взаимодействуют, но переносчик другой — векторный бозон. Все кванты переносчиков стали называть общим словом — бозоны. Такое взаимодействие было названо слабым, а частицы ему подчиняющиеся называют лептонами. К лептонам относятся электроны, мюоны и нейтрино. В настоящее время в основе классификации элементарных частиц лежит их деление на классы сильно взаимодействующих (адроны) и слабо взаимодействующих (лептоны) частиц. Классифицированы так же 4 основных вида взаимодействия — гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое. Им соответствует 4 поля и формально 4 кванта-переносчика взаимодействия гравитон, фотон, мезон, векторный бозон.



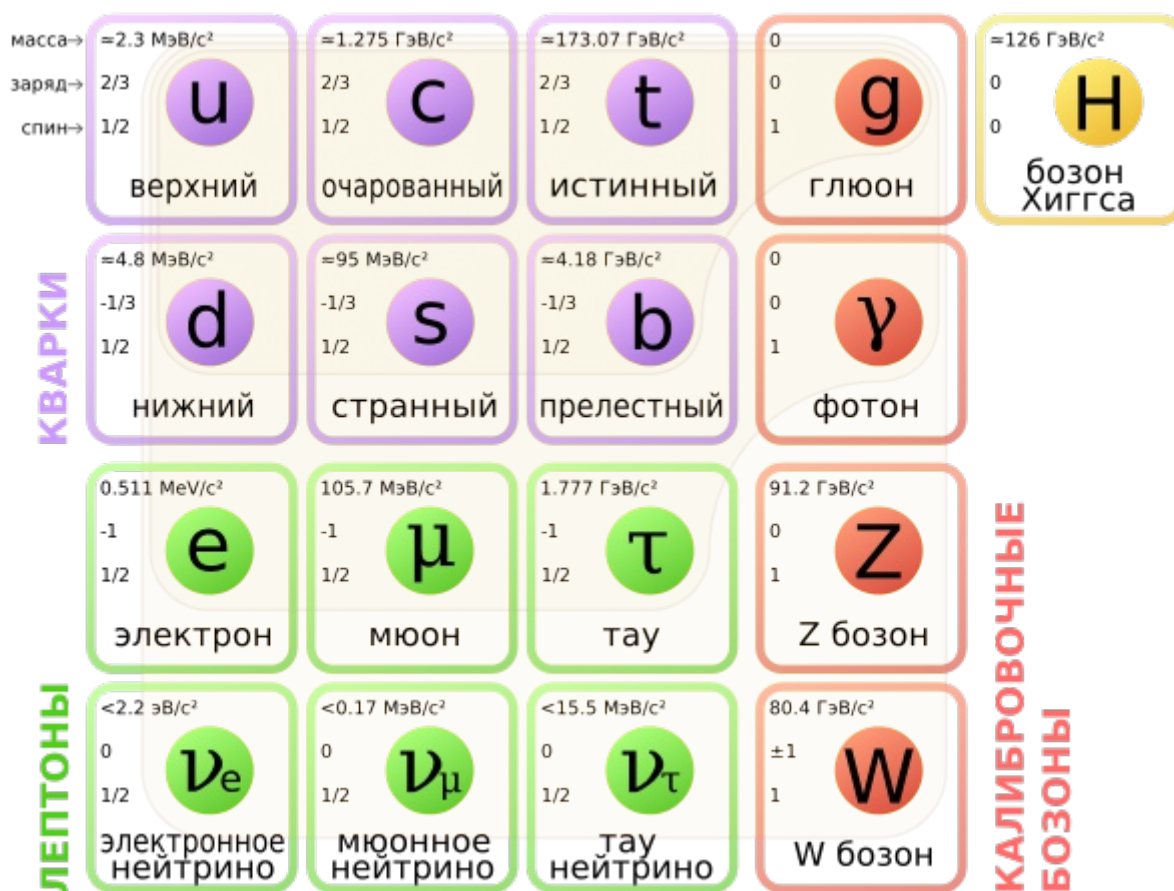


Еще одной особенностью классов элементарных частиц стало открытие антиматерии. Решая волновое уравнение квантовой электродинамики П. Дирак в 1928 г нашел еще одно симметричное решение для антиэлектрона, который должен иметь ту же массу, но заряд положительный. Такая частица — позитрон была обнаружена в эксперименте. Релятивистской квантовой теорией было установлено, что почти любой элементарной частице соответствует античастица в том смысле, что, имея одинаковые массы, периоды полураспада, а также одинаковые квантовые числа, они различаются знаками всех зарядов: электрического, барионного, лептонного и др. Это следует из общих принципов квантовой теории поля и подтверждается экспериментальными данными. Таким образом, возникла глобальная проблема частица—античастица, разных по знаку заряда частиц. Причем при столкновении частицы и античастицы происходит аннигиляция, т.е. они взаимно уничтожают друг друга, и при этом выделяется энергия в виде квантов электромагнитного излучения (фотонов). При этом протон аннигилирует именно с антипротоном, а не позитроном, так как аннигиляция должна сохранять симметрию свойств зарядов. Фактически здесь проявляется глубокая симметрия законов физики. Фактически законы сохранения отражают симметричное устройство мира. Например наличие положительного заряда должно быть уравновешено отрицательным зарядом. При этом число барионов или лептонов тоже должно сохраняться (аналог заряда для сильного или слабого взаимодействия). В тоже время существуют отдельные случаи нарушения симметрии, которые заставили ученых усложнять законы сохранения-симметрии. Так например была введена дополнительная особая квантовая характеристика частицы на подобие заряда, которая была так и названа «странность».

Многообразие и сложность системы квантовых частиц заставила ученых выдвигать новые идеи. Так была разработана теория электро-слабого взаимодействия (объединение электромагнитного и слабого) и теория кварков. К настоящему времени все это объединено в рамках Стандартной модели, которая подтверждена недавним открытием бозона Хигса. В этой модели представляют адроны как составные объекты, которые состоят из кварков 6 разных типов. Квантовая характеристика кварка получила название — цвет. Сильное взаимодействие здесь рассматривается как взаимодействие кварков с переносчиком — глюоном. **Теория электрослабого взаимодействия** представляет собой (создана в конце 60-х годов С. Вайнбергом, Ш. Глэшоу, А. Саламом) единую (объединённую) теорию слабого и электромагнитного взаимодействий кварков и лептонов, осуществляемых посредством обмена четырьмя частицами — безмассовыми фотонами (электромагнитное взаимодействие) и тяжёлыми промежуточными векторными бозонами (слабое взаимодействие). Таким образом кирпичиками стандартной модели должны быть 6 кварков, 6 лептонов, 6 бозоном. Один из бозонов —

гравитационный гравитон пока не обнаружен. В целом, кроме гравитации эта модель дает хорошее соответствие с экспериментами.

### Структура стандартной модели



Дополнительно:

[2] с.155-176

[4] с.135-158

Диалоги: «Физика элементарных частиц». Часть I <https://www.youtube.com/watch?v=Ju5TEjkrxAI>

Диалоги: "Физика элементарных частиц". Часть II [https://www.youtube.com/watch?v=xZuE7aOp\\_vo](https://www.youtube.com/watch?v=xZuE7aOp_vo)

### Нанотехнологии

**Нанотехнология** — область фундаментальной и прикладной науки и техники, работающая с объектами с заданной атомной структурой путём манипулирования отдельными атомами и молекулами. 1 нанометр = 0,001 микрометра = 0,000001 миллиметра. Развитие технологий постоянно требовало повышения точности изготовления деталей, механизмов, систем. Стандарт конца 19 до середины 20 века — микронные технологии. В конце 20 века появление микроэлектроники сделало следующий шаг в направлении 100 нм, 10 нм и т. д. Появились технологии лазерного напыления, сверхчистые материалы и т. д. В конце 20 века появилось понятие нанотехнологии, когда на технологический процесс стали влиять квантовые явления и атомно-молекулярное строение материалов. Примеры : нанороботы, искусственные вирусы, бактерии, наночастицы, наноструктуры.

Дополнительно:

[2] с.342-351

Нанотехнологии. Невидимая революция. Бесконечно малые частицы. <https://www.youtube.com/watch?v=pCSiKEiViX0>

### Порядок и беспорядок в природе

Случайные процессы и явления. Радиоактивность, квантовый шум и броуновское движение

Долгое время люди считали что все в природе не случайно, имеет свою причину и может быть определено точно. Если они что-то не понимали или не могли установить простую причину, то предполагали наличие некой «внешней воли». Так появились понятия о духах, богах и т. д. Даже за хаотически запутанные процессы отвечал бог Хаос. Такие закономерные процессы были названы детерминированными (от английского слова определять). До 19 века ученые спорили только о наличии влияния на природу потусторонних сил. В механистической картине Ньютона за богом оставалось только процесс создания мира и установление его законов, дальше все работало «самостоятельно». Появились и атеисты, которые пытались совсем убрать бога из картины мира. Изучение тепловых процессов и термодинамики заставило пересмотреть такой подход. Появилась вероятностная картина мира в которой есть случайные и стохастические (смесь случайного и детерминированного) процессы.

Первоначально интерес к хаотическим процессам возник при изучении броуновского движения частиц. Изучая под микроскопом поведение живых клеток и микрочастиц ученые обнаружили их хаотическое движение, похожее на дрожание. Такое движение было объяснено движением молекул воздуха. В газе молекулы слабо связаны (слабо взаимодействуют), поэтому они могут достаточно свободно двигаться, сталкиваться друг с другом, образуя очень сложное (хаотическое) движение. В теории вероятности доказывается, что сложение большого числа разнообразных и не связанных между собой процессов приводит к формированию случайных процессов. Поэтому характеристики такого «молекулярного» газа практически можно описывать как случайные. С другой стороны случайные процессы тоже имеют вполне детерминированные характеристики — среднее значение, дисперсия, корреляция и т. д. Так возникла статистическая физика, которая стала описывать сложные процессы методами теории вероятностей и статистики. Например давление газа в сосуде, статистическая физика представляет как передачу импульса молекулами газа стенкам сосуда. Чем быстрее движутся молекулы, тем больше импульс и давление. Скорость молекул связана с их кинетической энергией, а эта энергия в среднем и определяет температуру. Так появляется связь температуры и давления. При сжатии газа, место пролета молекул уменьшается, столкновения со стенками учащаются. Так образуется связь давления и объема газа. При сжатии так же необходимо выполнить работу по разгону молекул при сближении стенок, поэтому увеличивается энергия движения молекул и соответственно температура. Так образуется связь температуры и объема газа, а так же можно сформулировать законы сохранения энергии в тепловых процессах. С другой стороны, характеристики такого «молекулярного» газа зависят от количества молекул и их массы. Так появляется обоснование формулы и закона Менделеева-Клайперона  $P \cdot V = k \cdot R \cdot T$ , где  $P$  — давление,  $V$  — объем,  $k$  — число молей (определяется числом молекул вещества),  $R$  — универсальная константа,  $T$  — температура. Можно рассмотреть в рамках статфизики и начала термодинамики, если рассмотреть функцию хаотичности — энтропию. В статфизике рассматривают взаимосвязь функций энтропии, температуры и т. д. в виде системы уравнений.

Можно применить статфизику и к другим сложным процессам (волновым, эволюционным, квантовым). Для квантовых объектов была разработана специальная статистическая теория — квантовая статистика, которая выделила ряд особых множеств квантовых объектов, которые подчиняются особым статистическим распределениям (Бозе-Эйнштейна, Ферми и т. д. ). В тоже время квантовая статистика еще требует доработки так как не всегда правильно описывает экспериментальные результаты. В целом квантовые системы обогатили науку примерами совершенно случайных явлений природы (период полураспада и радиоактивность, время жизни и волновая функция частицы и т. д.).

Помимо беспорядочных/хаотичных систем в природе важное значение имеют и упорядоченные структуры. В жидкостях и твердых телах молекулы располагаются гораздо плотнее чем в газе и сильнее взаимодействуют между собой. Это приводит к усложнению процессов, возникают явления смачивания, поверхностного натяжения, текучести, упругости и т. д. При этом вещества могут быть изотропными (все направления равноправными) и анизотропными (есть выделенные направления). Среди анизотропных веществ наиболее важные значения имеют домены и кристаллы. Домены — области тела, которые имеют общие характеристики. Например магнитные домены — замкнутые области, в которых молекулы формируют общий магнитный момент. В результате магнитный домен ведет себя как единая магнитная система, которая взаимодействует с внешним магнитным полем. Именно домены влияют на формирование особых магнитных, электрических и некоторых других свойств веществ. Кристаллы —

вещества, которые имеют особую кристаллическую структуру. Атомы кристалла связаны так, что образуют в пространстве решетку (кристаллическую). В такой системе появляются анизотропные явления и само согласование взаимодействия атомов с внешними силами и полями. Кристаллы обладают аномальными оптическими, электрическими, магнитными, упругими свойствами. Например углерод может быть в виде графита, алмаза, графена, углеродных нанотрубок. Каждый из этих видов обладает особыми физическими свойствами, часто уникальными.

В заключение данной подтемы можно отметить, что процессы упорядочивания и хаотизации в природе постоянно противодействуют. Законы термодинамики требуют, чтобы системы постепенно хаотизировались (термодинамическая смерть вселенной), однако в реальном мире есть сложные процессы эволюции систем, которые не всегда ведут к хаосу (например поведение живых систем). Пока современная наука не может ответить на все возникающие при этом вопросы.

Дополнительно:

[2] с.138-141,159-163

[4] с.132-135, 248-270

### **Раздел №3. Химическая и биологическая картина мира** **Химическая картина мира. Химические элементы и структуры**

Химическая картина мира — представление о химических веществах, их взаимодействии, структуре и особенностях современно химии и ее истории, влиянии химии на современный мир. Химия — наука о химических веществах и их взаимодействии. История химии прослеживает несколько этапов:

- химия древнего мира (Египет, Индия, Китай, Греция в большинстве своем эмпирические знания в виде технологий) как часть натурфилософии;
- алхимия средних веков (Арабские и европейские страны. Алхимики пытались решить 2 проблемы — превращения веществ с помощью философского камня, поиск эликсира бессмертия.);
- ятрохимия Парацельса 16-й век (Начало фармацевтики, медицинской химии. Парацельс объяснял причины болезней нарушением химических процессов в организме. Как и алхимики, он сводил разнообразие веществ к нескольким элементам – носителям основных свойств материи. Следовательно, восстановление их нормального соотношения приемом лекарств излечивает болезнь.);
- теория флогистона Штала 17-18 век (Теория горения объяснялась особым веществом — флогистоном. );
- формирование классической неорганической химии, закон сохранения массы Лавуазье, закон Авогадро о молярном объеме (конец 18 века - 60 годы 19 века; Ломоносов, Дальтон, Берцелиус );
- выделение химических элементов, создание теории валентности, периодическая система элементов Менделеева (Аррениус, Кекуле);
- создание органической химии (Бутлеров);
- создание теории кинетики химических реакций Семенова , структурное моделирование в химии; Постепенно в химии формировались следующие базовые представления:
  1. Химические реакции происходят с молекулами химических веществ. Молекулы состоят из атомов, структура атомного строения молекул влияет на характер и результат реакций.
  2. Атомы не изменяются при химических реакциях. Меняются структуры образующихся молекул. При этом общее количество вещества остается неизменным.
  3. Свойства химических веществ определяются валентными свойствами атомов их структуры. Валентные связи и химические свойства элемента определяются строением его атома, в частности наличием свободных мест в электронной оболочке атома. Число свободных мест равно валентности атома. Взаимодействующие атомы как бы «обмениваются» электронами, чтобы заполнить свои оболочки.

### **Периодическая система элементов. Структура молекул**

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

**Периодическая система химических элементов (таблица Менделеева)** — классификация химических элементов, устанавливающая зависимость различных свойств элементов от их заряда атомного ядра (числа протонов ядра). Система является графическим выражением периодического закона, открытого русским учёным Д. И. Менделеевым в 1869 году. Её первоначальный вариант был разработан Д. И. Менделеевым в 1869—1871 годах и устанавливал зависимость свойств элементов от их атомного веса (в современных терминах, от атомной массы). Основным принципом, по которому Менделеев строил свою таблицу, было размещение элементов в порядке возрастания их атомных весов. Основываясь на валентности и химических свойствах элементов, Менделеев расположил все элементы по 8 группам, в каждой из которых размещались элементы со сходными свойствами. Причина периодических изменений физических и химических свойств элементов кроется в **периодичности строения электронных оболочек атомов**. Например, в правой части таблицы располагаются в виде крайнего столбца инертные элементы, у которых все оболочки заняты (что и определяет их химическую инертность). В первом столбце располагаются одновалентные атомы, у которых одно свободное место электрона. Кроме водорода, все остальные элементы щелочные металлы. Таким образом, в рамках столбцов собираются элементы подобных химических свойств. Они названы группами. Причем, по мере увеличения веса их металлические свойства усиливаются. Строки таблицы называют периодами. В рамках одного периода химические свойства меняются от металлических до не металлов. Таким образом, таблица дает возможность установить и объяснить химические свойства даже новых элементов (что и было сделано).

Химики выяснили, что свойства веществ, а значит и их качественное разнообразие обуславливается не только их составом, но и структурой молекул. Если знание **состава вещества** отвечает на вопрос о том, из каких химических элементов состоит молекула данного вещества, то знание **структуры вещества** дает представление о пространственном расположении атомов в этой самой молекуле. Это структурная модель молекулы. Атомы в молекуле химически связаны. *Химической связью называется взаимодействие между атомами элементов, обуславливающее их соединение в молекулы и кристаллы. Взаимодействие обусловлено совместным использованием их электронов, чтобы заполнить незаполненные оболочки.* Существуют **ковалентная (полярная, неполярная), водородная, ионная (ионно-ковалентная) связи, а также металлическая связь.**

**Ионная связь** образуется когда один из атомов теряет электроны со своей внешней оболочки (катион), а другой их приобретает (анион) противоположно заряженные ионы притягиваются друг к другу, образуя прочные связи. Ионные соединения – как правило, твердые вещества, имеющие очень высокую температуру плавления (соли, щелочи, напр., поваренная соль).

**Ковалентная связь** образуется в результате создания электронной пары, принадлежащей одновременно обоим атомам, создающим молекулу вещества. Поскольку такие молекулы удерживаются слабыми силами, они неустойчивы и существуют в виде жидкостей или газов с низкими температурами

плавления и кипения (кислород, бутан).

*Водородная связь обусловлена поляризацией ковалентных связей, когда совместные электроны большую часть времени находятся у атома элемента, связанного с атомом водорода. В результате такой атом получает небольшой отрицательный заряд, что делает соединения с водородными связями более крепкими по сравнению с другими ковалентными соединениями (вода).*

*Металлические связи обусловлены свободным перемещением электронов внешних оболочек атомов металлов. Атомы в металлах выстраиваются в точно подогнанные друг к другу ряды, удерживаемые вместе электронным полем.*

### **Химические реакции. Неорганическая и органическая химия**

Развитие химии в первой половине 20 века привело к формированию теории динамики химических процессов — кинетической химии. В связи с развитием техники и именно в это время химия становится наукой уже не только и не столько о веществах, сколько наукой о процессах и механизмах изменения веществ. Интенсивное развитие промышленности и техники требовало качественного изменения подхода к химическим технологиям. Специальные высокопрочные каучуки, пластмассы, всевозможные полимеры и полупроводники было необходимо получать в больших количествах и при оптимальных затратах. Взаимодействие веществ в ходе реакции проходит неоднородно, необходимы специальные вещества — катализаторы, которые ускоряют реакции. Некоторые реакции выделяют энергию, другие поглощают ее. Все это нужно было учитывать. Химические реакции стали описывать сложными математическими уравнениями, основанными на законе сохранения вещества, законах диффузии, фильтрационного переноса с учетом объемного взаимодействия как самих веществ, так и катализаторов.

**Органическая химия** — раздел химии, изучающий структуру, свойства и методы анализа реакций углеводородов и их производных. Производными углеводородов называются вещества, полученные из углеводородов замещением одного или нескольких атомов водорода на другие атомы или группы атомов. Таким образом, химия веществ, полученных из биологических систем свелась к работе с углеводородами. Это связано с тем, что все известные нам биологические объекты основаны на углеводородах. Есть теоретические идеи о возможности аналогичной кремневой жизни, основанной не на углероде, а на его аналоге кремнии, но пока таких систем не обнаружено.

**Углеводороды** — соединения, состоящие из атомов углерода и водорода или содержащие такие элементы в базовой структуре (производные). Поскольку углерод (С) имеет четыре валентных электрона, а водород (Н) — один, в соответствии с валентностью молекула простейшего углеводорода имеет формулу —  $\text{CH}_4$  (метан). При дальнейшем усложнении структуры углеводородов структуры типа С-Н, Н-С-Н и т. д. формируют принимают «скелет» молекулы, которая может быть очень сложной. В результате существует огромное количество различных углеводородов с различными свойствами (пластики, пластмассы, резина, жидкости, топливо и т. д.). Способность углерода соединяться с большинством элементов и образовывать молекулы различного состава и строения обуславливает многообразие органических соединений. Органические соединения играют ключевую роль в существовании живых организмов, медицине, биотехнологиях и т. д.

Задачи органической химии :

- Выделение индивидуальных веществ из растительного, животного или ископаемого сырья
- Синтез и очистка соединений
- Определение структуры веществ
- Изучение механизмов химических реакций с углеводородами
- Выявление зависимостей между структурой органических веществ и их свойствами

### **Влияние химических процессов и технологий на природу, человека и развитие общества**

Развитие химических технологий имеет как положительные факторы, так и отрицательные.

#### **Положительные факторы**

Современная химия крайне положительно отразилась на медицине. Это можно наблюдать по росту средней продолжительности жизни человека, которая растет все последние 100-150 лет. Без вовлечения новых химических материалов было бы невозможно и обеспечить современный уровень

жизни и комфорта, который так же постоянно растет. Нам уже трудно представить как можно жить без пластика и пластмассы, двигателей внутреннего сгорания, искусственных тканей и большинства современных строительных материалов. Сегодня новые химические вещества окружают человека постоянно.

### **Отрицательные факторы**

На всех стадиях своего развития человек был тесно связан с окружающим миром. Но с тех пор как появилось высокоиндустриальное общество, опасное вмешательство человека в природу резко усилилось, расширился объём этого вмешательства, оно стало многообразнее и сейчас грозит стать глобальной опасностью для человечества. Человеку приходится все больше вмешиваться в хозяйство биосферы - той части нашей планеты, в которой существует жизнь. Наиболее масштабным и значительным является химическое загрязнение окружающей среды несвойственными ей веществами химической природы. Это газообразные, аэрозольные, жидкие и твердые загрязнители промышленно-бытового происхождения. Прогрессирует и накопление мусора, который стал все более химически активным. Вызывает тревогу у экологов и продолжающееся загрязнение Мирового океана нефтью и нефтепродуктами, достигшее уже 1/5 его общей поверхности. Нефтяное загрязнение таких размеров может вызвать существенные нарушения газо- и водообмена между гидросферой и атмосферой. Не вызывает сомнений и значение химического загрязнения почвы пестицидами и ее повышенная кислотность, ведущая к распаду экосистемы. В целом все рассмотренные факторы, которым можно приписать загрязняющий эффект, оказывают заметное влияние на процессы, происходящие в биосфере.

### **Химическое загрязнение биосферы**

В основном существуют 5 основных проблем химического загрязнения — загрязнение атмосферы, загрязнение океана и других водоемов, загрязнение почвы, воздействие не свойственных природе химических веществ на растения, животных, микробиологические тела, попадание химических веществ в пищу, одежду, окружающую человека среду.

Многие химические вещества негативно воздействуют на биосферу и живые организмы. Наиболее важные негативные виды воздействия:

- мутагенное, связанное с воздействием на геном живых существ и их наследственность, на жизнестойкость последующих поколений;
- мутагенное, связанное с возрастанием риска заболеваний раком и другими мутационными заболеваниями;
- пищевое отравление, связанное с попаданием химических веществ в пищевые цепочки биосферы;
- нарушение химического баланса среды, потеря кормовой базы, усиление внешнего воздействия среды на жизненные циклы;
  - влияние загрязнения среды на образ жизни живых существ (например загрязнение океана нефтепродуктами и мусором приводит к нарушению нормальной жизнедеятельности птиц, рыб, морских млекопитающих).

### **Биологическая картина мира. Понятие биосферы, экологии, особенности биологического уровня организации материи**

**Биоло́гия** — наука о живых существах и их взаимодействии со средой обитания. Изучает все аспекты жизни, в частности, структуру, функционирование, рост, происхождение, эволюцию и распределение живых организмов на Земле. Классифицирует и описывает живые существа, происхождение их видов, взаимодействие между собой и с окружающей средой.

Как самостоятельная наука биология выделилась из естественных наук в 19 веке, когда учёные обнаружили, что все живые организмы обладают некоторыми общими свойствами и признаками, в совокупности не характерными для неживой природы.

**Биосфе́ра** — оболочка Земли, заселённая живыми организмами, находящаяся под их воздействием и занятая продуктами их жизнедеятельности.

**Экология** — наука о взаимодействиях живых организмов между собой и с их средой обитания.

Главная особенность биологического уровня организации материи состоит в том, что для них характерны одновременные процессы развития, адаптации, размножения. Это не свойственно остальным видам материи, что вызывает множество разнообразных теорий о живых организмах.

### Структура современной биологии

В структуре современной биологии выделяют следующие разделы:

<ul style="list-style-type: none"><li>• Анатомия</li><li>• Биогеография</li><li>• Биотехнология</li><li>• Биофизика</li><li>• Биохимия</li><li>• Ботаника</li><li>• Ветеринария</li><li>• Вирусология</li><li>• Генетика</li><li>• Животноводство</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Зоология</li><li>• Лихенология</li><li>• Медицина</li><li>• Микология</li><li>• Микробиология</li><li>• Молекулярная биология</li><li>• Морфология</li><li>• Общая биология</li><li>• Органография</li><li>• Палеонтология</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Селекция</li><li>• Систематика</li><li>• Физиология</li><li>• Фитопатология</li><li>• Цитология</li><li>• Эволюционное учение</li><li>• Экология</li><li>• Эмбриология</li><li>• Этология</li></ul>
---	--	---

Рассмотрим некоторые разделы более подробно.

### Зоология и ботаника

**Зоология** — наука о представителях животных, в том числе человеке. Зоология связана с другими биологическими науками, медициной, ветеринарией.

Описания животных известны с древнейших времён. Так, имеются книги о животных, созданные в Древнем Китае и Индии. Зоология как наука берёт начало в античной Греции и связана с именем Аристотеля. В его произведениях описано около 500 видов животных; ему принадлежит ряд важных идей и обобщений, в том числе учение о взаимозависимости частей организма (корреляции), учение о градациях.

Основы современной систематизации животного мира заложены в конце 17 — первой половине 18 века, работами английского учёного Джона Рея и шведского учёного Карла Линнея. Основопологающим трудом в области биологической систематики считается книга «Система природы» Линнея, первое издание которой вышло в 1735 году.

В сочинениях крупных зоологов конца 18 — начала 19 века появляется идея исторического развития органического мира. Первую теорию эволюции органического мира изложил французский естествоиспытатель Жан-Батист Ламарк в своей книге «Философия зоологии», опубликованной в 1809 году. В 30-40 годах 19 века немецкий учёный Теодор Шванн создал клеточную теорию, считающуюся одним из трёх великих открытий естествознания 19 века. Создание Чарльзом Дарвином в 1859 году теории эволюции органического мира утвердило исторический взгляд на природу и описало основной движущий фактор эволюции — естественный отбор. Продолжением идей эволюционизма стали основы филогенетической зоологии, заложенные во второй половине 19 века немецким учёным Эрнстом Геккелем. Геккель сформулировал биогенетический закон, устанавливающий связь между индивидуальным и историческим развитием животных

**Ботаника** — наука о растениях.

Ботаника охватывает широкий круг проблем: закономерности внешнего и внутреннего строения (морфология и анатомия) растений, их систематику, развитие в течение геологического времени (эволюция) и родственные связи (филогенез), особенности прошлого и современного распространения по земной поверхности (география растений), взаимоотношения со средой (экология растений), сложение растительного покрова (фитоценология, или геоботаника), возможности и пути хозяйственного использования растений (ботаническое ресурсоведение, или экономическая ботаника). По объектам исследования в ботанике выделяют науку о водорослях, о грибах, о лишайниках, — о мхах и др.



Как целостная система знаний о растениях ботаника оформилась к 17-18 векам, хотя многие сведения о растениях были известны и первобытному человеку, так как жизнь его была связана с полезными, главным образом пищевыми, лекарственными и ядовитыми растениями. Первыми книгами, в которых растения описывались не только в связи с их полезностью, были произведения греческих и других учёных-натуралистов. Занимаясь растениями как частью природы, философы античного мира пытались определить их сущность и систематизировать их. В древнем мире растениями занимались Аристотель, его ученик Теофраст (его называют «отцом ботаники»), древнеримский натуралист Плиний Старший. Ботанические труды Теофраста можно рассматривать как свод в единую систему познаний практиков сельского хозяйства, медицины и работ учёных античного мира в этой области. Теофраст был основателем ботаники как самостоятельной науки: наряду с описанием применения растений в хозяйстве и медицине он рассматривал теоретические вопросы.

После общего упадка естествознания в Средние века ботаника начинает вновь интенсивно развиваться в Европе с 16 века. Первоначально это коснулось лишь систематики и морфологии, но в 17-18 веках возникают и формируются другие разделы ботаники, в частности, анатомия растений. Особую роль в ботанике сыграл Карл Линней, создатель единой системы классификации растительного и животного мира. В 19 веке решающее влияние на систематику растений оказала эволюционная теория Ч. Дарвина.

Характерные черты современного этапа развития зоологии и ботаники — стирание граней между отдельными её отраслями и их интеграция. Всё шире применяют новые методы исследования, основанных на достижениях физики и химии, что позволило решать задачи, недоступные ранее. Так, в результате использования электронного микроскопа, разрешающая сила которого по сравнению с другими оптическими приборами возросла в сотни раз, были выявлены многие новые детали строения клетки.

### **Многообразие и структура биологических объектов**

Живые организмы отличаются от тел неживой природы более сложным химическим составом (в частности, обязательным наличием белков и нуклеиновых кислот) и совокупностью свойств живого (по отдельности большинство из этих свойств имеются и у некоторых объектов неживой природы). Перечислим главные особенности :

#### **Обмен веществ**

- Питание — усвоение питательных веществ, пищи живым организмом.
- Выделение — процесс вывода ненужных или вредных для организмов продуктов жизнедеятельности.
- Движение — изменение положения тела или частей тела особи в пространстве.

#### **Наследственность и изменчивость**

1. Наследственность — свойство передавать потомкам свои признаки.
2. Изменчивость — различия признаков между особями одного вида, в том числе наследственно обусловленные.

#### **Восприятие и переработка информации**

- Раздражимость и возбудимость — способность организма воспринимать информацию и избирательно реагировать на неё.

#### **Рост, развитие, размножение**

- Рост — увеличение массы и размеров особи за счёт процессов биосинтеза.
- Развитие — относительно необратимые изменения организма в течение жизни.
- Размножение — воспроизведение себе подобных особей.

Основное деление живых существ — бесклеточные, одноклеточные и многоклеточные.

Следует отличать *многоклеточность* и *колониальность*. У колоний организмов отсутствуют настоящие дифференцированные клетки, а следовательно, и деление тела на ткани. Далее многоклеточные можно разделить на растения, грибы, животные. Все эти 3 класса имеют огромное число подвидов, классов и видов. При этом, во всех видах организм можно разделить на ткани — наборы клеток, выполняющие определенную роль для жизни организма (например кости, кожа, желудок

и т. д. ).

## Микробиология

**Микробиология** — наука, предметом изучения которой являются микроскопические существа, называемые микроорганизмами (включающими в себя: одноклеточные организмы, многоклеточные организмы и бесклеточные), их биологические признаки и взаимоотношения с другими организмами, населяющими нашу планету. В область интересов микробиологии входит их систематика, морфология, физиология, биохимия, эволюция, роль в экосистемах, а также возможности практического использования.

Разделы микробиологии: бактериология, микология, вирусология, паразитология и другие.

Основные изучаемые объекты — бактерии и другие одноклеточные организмы, бесклеточные вирусы, некоторые многоклеточные организмы.

Бактерии — одна из первых форм жизни на Земле и встречаются почти во всех земных местообитаниях. Они населяют почву, пресные и морские водоёмы, глубинные слои земной коры. Бактерии часто являются симбионтами и паразитами растений и животных. Большинство бактерий к настоящему времени не описано, так их очень много. Один грамм почвы в среднем содержит 40 миллионов бактериальных клеток, а в миллилитре свежей воды можно найти миллион клеток бактерий.

На Земле насчитывается около  $5 \cdot 10^{30}$  бактерий и их биомасса превышает суммарную биомассу животных и растений. Много бактерий содержит и тело человека. Количество бактерий у человека составляют 39 триллионов бактериальных клеток (само тело человека состоит из около 30 триллионов клеток). Наиболее многочисленна кишечная микрофлора и кожа. Большинство бактерий безвредны или даже полезны человеку, но есть и множество болезнетворных бактерий (чума, холера, туберкулез и т. д.). Особенностью бактерий является отсутствие явно выраженного ядра клетки.

Одноклеточные организмы, имеющие ядро — это прежде всего растения и грибы.

**Вирус** — неклеточное инфекционное биосущество, которое может воспроизводиться только внутри живых клеток. Вирусы поражают все типы организмов, от растений и животных до бактерий. Обнаружены также вирусы, способные размножаться только в присутствии других вирусов (вирусы-сателлиты). Вирус внедряется в чужую клетку и пользуясь ее возможностями создает свои копии. По смыслу действия вирусы могут быть вредны любому организму в котором они могут проникнуть в клетку. Вирусы гораздо меньше бактерий и могут проходить через те фильтры, которые задержат бактерии.

Борьбу с вирусами и бактериями ведет иммунная система организма, которая вырабатывает антитела на каждый вид микроорганизма. Поэтому важно иметь иммунитет, то есть реакцию на тот или иной вид болезнетворных микроорганизмов. Это приводит к необходимости приобретения такого иммунитета путем «обучения» иммунной системы. Для этого обычно используют прививки — помещение в организм образцов убитых или ослабленных микроорганизмов.

## Генетика и адаптация в живой природе

Генетика — наука о структуре и методах передачи наследственной информации. О том, что потомки получают часть своих свойств от предков было известно с древности. Проводилась и определенная селекция животных и растений, но особенности и механизм передачи наследственной информации был не понятен. В 18 веке ботаники перешли от наблюдений за наследованием признаков растений к экспериментальному его изучению.

В 1760 г. И. Г. Кельрейтер провел серию опытов по изучению передачи признаков при скрещивании растений. В опытах с табаком, дурманом и гвоздиками Кельрейтер показал, что растения-потомки, часто имеют признаки, промежуточные между признаками растений-родителей. Он также обнаружил, что есть равноправие «отца» и «матери» в передаче признаков потомкам. Экспериментами Кельрейтера было показано существование пола у растений. Кельрейтер ввел в науку новый метод изучения наследственности — метод искусственной гибридизации. При искусственном перенесении пыльцы с цветка одного сорта на пестик цветка другого сорта получается растение, происходящее от двух сортов сразу. Такое растение называется гибридом. При этом отцовское растение — это то, с которого взята пыльца, а материнское — то, которое этой пылью опылили и на котором созревают

гибридные семена. Растения, выросшие из этих семян, ученые называют гибридами первого поколения. Используя этот метод, французские ботаники О.Саржэ и Ш.Ноден в середине 10 века открыли явление доминантности одного из родителей над другим. Сарже, Ноденом и другими учеными было обнаружено, что все гибриды первого поколения похожи друг на друга. Это наблюдение впоследствии стали называть правилом единообразия гибридов первого поколения. При этом часть признаков гибриды получают от одного сорта, а часть — от другого. Так что часть доминантных признаков потомок получал от отца, а часть — от матери. Не доминантные признаки, которые не проявляются у гибридов первого поколения (позднее их назвали рецессивными) не исчезают совсем. Если скрещивать гибриды первого поколения между собой, то их потомки, гибриды второго поколения, отличаются по своим признакам друг от друга. Возникновение такого разнообразия признаков называют расщеплением. При этом часть гибридов второго поколения имеет рецессивные признаки. Все эти факты были осмыслены в работах чешского ученого Грегора Менделя. (1856-1863 г.) и были открыты основные законы наследственности. Суть законов Менделя («Опыты над растительными гибридами»):

- 1) В первом поколении гибридов проявляется правило доминирования и единообразия — все гибриды имеют признак одного из родителей.
- 2) Закон расщепления: при моногибридном скрещивании во втором поколении гибридов в случае полного доминирования наблюдается расщепление в соотношении 3:1 : около 3/4 гибридов второго поколения имеют доминантный признак, около 1/4 — рецессивный.

Всё это послужило предпосылками для создания Морганом в 1910-е годы хромосомной теории наследственности на основе экспериментов с плодовой мушкой дрозофилой. В данной теории было установлено, что признаки (их называли генами) передаются молекулами ДНК. В этом случае ген стали определять как участок молекулы ДНК (у некоторых вирусов — участок РНК), определяемый последовательностью атомов на этом участке. Молекула ДНК имеет громадный для молекулы размер и содержит миллиарды атомов. Для компактности ДНК свернута в двойную спираль. Совокупность генов организма составляют генотип (определяют вид). Генотип наряду с факторами окружающей среды и развитием определяют, каким будет фенотип (конкретную реализацию организма данного вида). Передача генов потомству является основой наследования фенотипических признаков. Большинство биологических признаков являются полигенными, то есть находятся под влиянием многих генов. Гены могут изменяться в результате мутаций, изменяющих последовательность ДНК. Вследствие мутаций в популяции гены существуют в различных вариантах, называемых аллелями. Разные аллели гена могут кодировать различающиеся версии белка, что может проявляться фенотипически. Гены наряду с участками ДНК, не содержащими генов, входят в состав генома, представляющего собой весь наследственный материал организма.

В конце 20 века биологи научились тестировать генотипы. Целью работ была расшифровка генотипа, то есть определение местоположения генов и их назначения. Сегодня эта работа продолжается по следующим направлениям:

- Сопоставление генотипов, выделение взаимосвязей и прослеживание наследственных изменений. Здесь главная цель — построить генетическую теорию эволюции и изменчивости жизни в историческом аспекте.
- Попытки построить непротиворечивую теорию возникновения жизни.
- Создать технологии искусственной модификации генотипа (генно модифицированные организмы, лечение генных заболеваний).
- Создать технологии быстрого анализа свойств организмов и видов по их генотипу.

Достижения в технологии тестирования генотипа позволяют сегодня использовать генетический анализ биологических объектов в самых различных областях (криминалистика, микробиология, палеонтология и история и т. д.).

Процессы адаптации живых организмов к внешней среде всегда являются одной из важнейших задач в биологии. В рамках этих процессов реализуются теории естественного отбора и эволюции жизни, борьба организмов за выживание, пищу, место обитания, возможность размножения, внутривидовая и межвидовая конкуренция, реализация экологического равновесия и сотрудничества организмов. Как правило процессы адаптации очень сложны и имеют множество различных аспектов,

которые не всегда хорошо изучены.

### **Экологические проблемы современного мира**

**Экология** — наука о взаимодействиях живых организмов между собой и с их средой обитания.

Как правило экологию сегодня воспринимают в аспекте экологических проблем, которые в современном мире считают одними из наиболее опасными для существования человечества.

Исторически можно выделить ряд глобальных экологических проблем, которые были зафиксированы в мировой науке и общественности:

- Изменение климата и климатических условий для жизни растений и животных.
- Разрушение озонового слоя и другие проблемы атмосферы.
- Загрязнение мирового океана и почвы.
- Нехватка чистой и питьевой воды, опустынивание и засоление почв.
- Уничтожение лесов и других традиционных ландшафтов.
- Уменьшение биоразнообразия, вымирание видов.
- Истощение природных ресурсов.
- Демографические проблемы человечества.

### **Биология человека и медицина**

Не смотря на особое «интеллектуальное» поведение человека, его можно во многих аспектах рассматривать как биологическую систему. Есть множество аспектов биологии человека, которые аналогичны биологии других живых существ. В частности это дает основание для реализации метода первоначальной апробации различных медицинских технологий на животных. Медицина как метод восстановления нормального функционирования организма человека при этом должна основываться на биологических особенностях организма человека. С другой стороны аналогия биологии человека и животных позволяет строить по тем же принципам и методы восстановления нормального функционирования организма животных — ветеринарию.

Исторически развитие медицины прослеживает ряд этапов:

- Древний мир (Египет, Вавилон, Индия, Древняя Греция и Древний Рим) которые заложили первые идеи и методы медицины как области естествознания и науки. Примерами ученых этого времени служит грек Гиппократ (клятва Гиппократа) и римский врач Гален.
- Арабско-восточный мир и Европа средних веков. Идеи алхимии позволили развить методы медицины древнего мира. Примером ученого этого времени служит Авиценна — персидский ученый, который наибольший вклад в естествознание принес в области астрономии и медицины. Для медицины он тем более важен, что его работы учитывали опыт медиков Востока и Индии. Они оказались доступны ученым средневековой Европы, что дало возможность в Новое время увязать все эти знания в медицине Нового времени.
- Европа Нового времени. Этот этап развития медицины можно начать с работ Парацельса, который фактически определил основы дальнейшего развития фармакологии и фармацевтики. В Новое время появились учебные заведения для подготовки врачей, появились первые медицинские стандарты, учебники. Гарвей открыл законы кровообращения, определил роль сердца как насоса, убедительно объяснил, что артерии и вены есть один круг кровообращения.
- В 19 веке опыт борьбы с эпидемиями дал основания для появления первых государственных систем медицины. Стало необходимым расширить медицинские услуги на все общество, появились первые государственные организации по управлению медициной, началось разделение врачей по профессиям. Появились общественные и государственные лазареты и больницы. Наиболее известные медики этого времени — микробиологи Роберт Кох, Луи Пастер, хирурги Пирогов, Джеймс Симпсон, Бергман, Склифосовский. Новые медицинские технологии — рентгенология, прививки, хлороформ, антисептики и стерилизация.
- В 20 веке фармацевтика и изготовление медицинской техники стало новой отраслью производства. Государственные и общественные системы медицины установились во всех странах, появились международные медицинские организации (под кураторством Всемирной

Организации Здравоохранения ВОЗ). Появились специализированные клиники, научно-исследовательские организации медицинского профиля. Новые медицинские технологии — антибиотики, новые методы технического контроля организма (тепловизоры, ЭКГ, лазерно-оптические системы), искусственные органы (сердце, почки и т. д.), пересадка органов и другие.

### **Физиология и высшая нервная деятельность человека**

**Физиология** человека — это наука, изучающая процессы жизнедеятельности (функции) человека, его отдельных систем, органов, тканей и клеток. Основными системами человека являются: мозг и разветвленная нервная система, а также системы: костно-мышечная, кровообращения, пищеварения, лимфатическая, эндокринная, репродуктивная, органы зрения, слуха, осязания и обоняния.

Нервная система человека образована головным мозгом, спинным мозгом, разветвленной системой нервных окончаний, которые проникают практически во все части тела.

*Мозг* — центральный отдел нервной системы человека, обеспечивающий регуляцию всех жизненных функций организма, т. е. высшую нервную деятельность и психические функции, включая мышление. Основные структуры головного мозга — это два полушария, составляющие передний мозг, соединены мозолистым телом. Спинной мозг осуществляет управление скелетно-мышечной системой, внутренней мускулатурой и условными и безусловными рефлексам. Построение и работа мозга основана на обработке данных нейронной сетью. Нейронная сеть — система взаимосвязанных клеток-нейронов, которые образуют многослойную сеть. Фактически нейронная сеть служит сложной системой обработки данных, которые передаются от нервных окончаний в виде неких электро-химических потенциалов. Зрительные, слуховые, тактильные (от прикосновения) образы обрабатываются нейронной сетью и позволяют формировать ту деятельность, которую относят к высшей нервной деятельности организма. Это не только сознание и мышление, но и уровень рефлекторной, подсознательной деятельности. При этом, нервная система управляет работой всего организма и его отдельных частей, связывает и синхронизирует их работу.

В настоящее время высшая нервная деятельность — самая сложная и загадочная область физиологии как человека, так и животных. Однако уже полученные знания позволяют создать 2 новых направления в естествознании — бионику и искусственный интеллект. Бионика изучает возможности реализации технических систем (в том числе это и робототехника), работающих по аналогии с живыми существами, а проблематика искусственного интеллекта связана с попытками компьютерного моделирования высшей нервной деятельности с целью создания систем интеллектуальной обработки данных.

### **Системный анализ биологии человека и животных**

В 18 веке Карл Линней создал единую систему классификации растительного и животного мира, в которой были обобщены и в значительной степени упорядочены знания всего предыдущего периода развития биологической науки. При этом в изучение биологии был привнесен системный подход, который стал одним из важнейших методов изучения биологии.

**Биологическая систематика** — научная дисциплина, в задачи которой входит разработка принципов классификации живых организмов и практическое приложение этих принципов к построению системы органического мира. Под классификацией здесь понимается описание и размещение в системе всех существующих и вымерших организмов. Выделение видов, подвидов, классов живых существ и правильная идентификация и классификация новых видов дает особую картину биологического мира, позволяет увидеть взаимосвязи между организмами. Особенно важную роль систематика стала играть после формирования генетической теории, как основы для систематики (филогенетическая систематика Дарвина-Геккеля). Так же как периодическая система в химии, в биологии формирование системы видов дает важную основу для дополнительного анализа и поиска.

Сегодня систематика принадлежит к числу бурно развивающихся биологических наук, включая всё новые и новые методы: методы математической статистики, компьютерный анализ данных, сравнительный анализ ДНК и РНК, анализ ультраструктуры клеток и многие другие.

В биологии человека систематика построена на классификации рас — европеоидной,

монголоидной, негроидной, американоидной, веддо-австралоидной, восточноафриканской. Однако развитие генетики поставило эту классификацию под вопрос, так как генетические исследования не полностью подтверждают правильность выделения рас. Кроме того теория рас дала основания для возникновения ряда теории, которые носят деструктивный и антигуманный характер (например евгеника). Антропология как наука о человеческом виде, включающая в себя его классификацию, в настоящее время не имеет единого подхода к теории рас. Есть более старый подход физиологический, основанный на внешних признаках расы и подход генетический, который выделяет гаплогруппы в ДНК с учетом некоторого вероятностного характера их формирования.

### **Человек в системе животного мира**

Человек как особый вид живых существ имеет свое место и играет особую роль в системе животного мира. В рамках развития человечества сформировались 2 группы животных, которые принято делить на одомашненных и диких. Однако и среди диких животных есть множество видов, которые адаптировались к совместному существованию с человеком и в принципе мало отличаются от домашних. Человек создает свою антропогенную среду, в которой существует определенный животный мир. При этом, многие из домашних животных фактически процветают, а некоторые из диких животных находятся на грани вымирания.

Появление человека как биологического вида - это результат длительного эволюционного процесса и связано с историческим развитием животного мира. Человек в себе сочетает принципиальные черты строения и жизнедеятельности, которыми характеризуются животные. Но в отличие от них он обладает значительными особенностями, в том числе высокоразвитым мышлением, сознанием, творческой активностью, членораздельной речью, которые возникли в результате трудовой деятельности человека и его социальных отношений. Анатомические и физиологические особенности современного человека выделяют его в особый биологический вид - Человек разумный (*Homo sapiens*).

Палеонтология как наука о историческом развитии животного мира рассматривает имеет аналогичную по смыслу науку — палеоантропологию, которая изучает эволюцию человеческого вида. Исторически становление палеоантропологии было противоречивым. Первоначально были найдены останки неандертальца, позже питекантропа, затем синтропа, кроманьонца, австралопитека, денисовского человека. Каждый из этих древних людей имел свои особенности, датировка их распространения очень не точная. Все это осложняет историческую реконструкцию развития человеческого вида, дает возможность формулировки множества противоречащих друг другу теорий. Генетические исследования так же внесли много противоречий. Так было установлено, что у всех современных людей есть одна общая родственница женского пола, однако точно установить где и когда она жила не удалось. В целом современная наука поддерживает теорию о нескольких волнах переселения древних гоминид из Африки, которые в дальнейшем генетически разделились, а в настоящее время генетически доминирует одна из этих групп.

Дополнительно:

[1] с.131-202

[2] с.206-324

[3] с.189-204

[4] с.270-282, 308-445

Периодическая таблица, классификация химических элементов <https://www.youtube.com/watch?v=fqZ14YuIlg3E>

Химия <https://www.youtube.com/watch?v=caG1BnWOfFQ>

Великое в малом. Биологическая эволюция <https://www.youtube.com/watch?v=Cp8VX0pltL8>

Основы микробиологии. Коротко и ясно. 3 купс. <https://www.youtube.com/watch?v=ri-naOgrHPk>

Невидимая жизнь. Введение в микробиологию. Часть 1. <https://www.youtube.com/watch?v=Aq-c3snSFm8>

Анатомия и физиология человека Фильм 1 <https://www.youtube.com/watch?v=2MCPfXJ-LgM>

18 фактов о генетике, которые тебе нужно знать! <https://www.youtube.com/watch?v=JfaIJdvD2oE>

Происхождение Человека | С точки зрения науки (National Geographic)

<https://www.youtube.com/watch?v=Vz9Q5kqvJH0>

## **Раздел №4. Эволюционная картина мира**

### **Концепция развития в естествознании**

**Эволюционизм** (также **эволюционное учение**) — система идей и концепций, утверждающих существование направления и движущие силы исторического развития в той или иной сфере знания.

Термин «*эволюционизм*» используется в широком смысле для обозначения концепции развития, как представления об изменениях в неживой и живой природе и в человеческом обществе.

В настоящее время можно говорить о наличии эволюционных теорий развития вселенной, солнечной системы, планеты Земля как астрономического тела и как геологической структуры, развития биосферы и отдельных видов в биологии, человеческого общества с точки зрения различных общественных наук, в том числе развития науки и техники. Есть эволюционные теории и в химии. Таким образом, можно говорить о постепенном формировании новой картины мира — эволюционной. Пока эта картина мира еще не сложилась окончательно, но уже имеет множество особенностей, отличающих ее от предыдущей картины мира. Главной особенностью эволюционных систем считается наличие внутренних процессов самоорганизации и синергетики (особых видов энергетических процессов). Именно эти явления должны объяснить несоответствие эволюционных систем принципам термодинамики.

### **Эволюция живых систем. Теория развития Дарвина**

Первые эволюционные идеи в биологии выдвигались уже в древнем мире, но только труды Чарльза Дарвина в 19 веке сделали эволюционизм фундаментальной концепцией биологии. С тех пор было накоплено огромное число научных фактов, подтверждающих эволюцию. Развитие генетики потребовало модернизации этой теории и в настоящее время общепринятой является синтетическая теория эволюции (СТЭ), являющаяся развитием теории Дарвина. Эта теория была появилась в 30-х и 40-х годах XX века. Она объединила идею дарвиновского естественного отбора с законами наследственности и данными популяционной генетики.

**Естественный отбор** — основной фактор эволюции, в результате действия которого в популяции увеличивается число особей, обладающих более высокой приспособленностью (наиболее благоприятными признаками), в то время как количество особей с неблагоприятными признаками уменьшается.

Помимо отбора в теории СТЭ необходимо рассматривать процессы скрещивания и мутации. Скрещивание предполагает формирование ДНК нового организма на основе обмена генами 2-х предков (с учетом законов Менделя). Мутация — процесс случайного изменения части генома под действием внешних (мутагенных) факторов. Без мутаций процесс развития через некоторое время привел бы к вырождению.

### **Развитие человеческого общества**

Изучение истории человеческого общества так же позволило сформулировать идею эволюции или прогресса. Прогресс может рассматриваться на различных уровнях — развитие науки, развитие технологий и экономики, развитие общественных отношений, развитие ареала обитания человечества. Развитие науки прослеживается по научным революциям, развитие технологий по технологическим революциям, развитие экономики по формированию экономических укладов (первобытно-общинный и натуральный, рабовладельческий, феодальный, капиталистический, социалистический) и типам экономической модели хозяйства. Развитие общественных отношений прослеживается менее четко, но прогресс развития общества за предшествующие столетия существует. Развитие ареала обитания человека можно увидеть в постепенном заселении и освоении суши, морей и океанов, космоса. Есть неизменное и неуклонное расширение присутствия человека во всех этих сферах.

### **Теория систем и системный анализ. Эволюция систем**

Современная картина мира характеризуется рассмотрением сложных объектов, которые проще всего назвать системами, т. е. состоящими из других взаимодействующих объектов. Для анализа систем в теории информации создана специальная наука — теория систем и системный анализ. В теории систем строится классификация систем, выделяются методы описания и анализа систем. Для

рассмотрения динамики/эволюции систем так же используются такие науки как кибернетика, моделирование систем, методы искусственного интеллекта.

Кибернетика (искусство управления) – наука об управлении, связи и переработке информации. Системы, изучаемые кибернетикой, носят название кибернетических. Они имеют самую различную природу, например, вычислительные системы, человеческий мозг, биологические популяции, социальные группы и т. д.

Моделирование систем — метод анализа систем, в котором система рассматривается в упрощенном виде (как модель). Моделирование как правило использует компьютерные системы и различные методы вычислительной математики, теории вероятности и статистики.

Рассмотрение эволюционных изменений в системе прежде всего требует анализа динамики систем. Динамика системы — изменение параметров системы со временем. Исследование динамических характеристик систем обычно выполняется с помощью компьютерного моделирования. Причем сложность систем требует использования особо мощных вычислительных машин — супер ЭВМ. Поэтому применение эволюционных теорий систем связано с прогрессом вычислительной техники и относится к самым современным исследованиям.

Самой современной компьютерной технологией анализа данных являются методы искусственного интеллекта. Технологии баз знаний, экспертных систем, искусственных нейронных систем, генетические алгоритмы, кластерный анализ позволяют решать задачи анализа данных, которые раньше считались неразрешимыми. Сегодня можно уже сказать, что большинство технологий искусственного интеллекта — это технологии 21 века.

### **Влияние информационных технологий на концепции развития**

Появление мощной вычислительной техники влияет не только на методы анализа систем, но и на другие задачи исследования эволюционных теорий. Например современные концепции развития как правило опираются на результаты компьютерного моделирования. Оказываются полезными и специальные методы работы с информацией, которые сегодня получили название информационных технологий. Для обеспечения качественного функционирования таких технологий применяются самые сложные математические методы.

Еще одним аспектом является влияние информационных и компьютерных технологий на развитие науки, техники, общества. Внедрение таких технологий во все эти области происходит сегодня так быстро, что очень трудно правильно оценить их влияние на эволюцию этих систем.

### **Теория развития Вселенной**

Решение уравнений ОТО приводит к модели нестационарной Вселенной (А. Фридман, СССР, 1922 год). Наша Вселенная остается нестационарной и расширяется в настоящую эпоху. При этом всевозможные галактики разбегаются друг от друга. В 1929 году американский астроном Э. Хаббл обнаружил смещение спектров излучения звезд в сторону красного цвета («красное смещение»), что подтверждает модель расширяющейся Вселенной. Дальнейшие измерения показали, что Вселенная расширяется даже с ускорением, что дало основания гипотезам темной энергии и темной материи. В **научной космологии** – науки о развитии и строении Вселенной есть несколько моделей динамики Вселенной. Они все рассматривают начало с теории Большого взрыва, но завершение рассматривается по разному. Есть теории «расширения-сжатия», есть вариант бесконечного расширения и термодинамической смерти и другие. При этом сложилось некоторое современное представление об основных этапах **развития Вселенной** с момента её образования и до наших дней. Оно базируется на следующих теориях:

- теории расширения Фридмана;
- теории Большого взрыва (теории горячей Вселенной);
- теории инфляции;
- иерархической теории формирования крупномасштабной структуры;
- теории звёздного населения.

Экстраполяция расширения Вселенной назад во времени приводит к точке космической сингулярности,



вблизи которой ныне известные законы физики перестают работать. Время же расширения из этой космической сингулярности до современного состояния называют возрастом Вселенной; по различным данным, оно составляет приблизительно 14 млрд лет. Расширение является основным процессом, на фоне которого происходят все остальные, поэтому всю историю развития можно разделить на этапы расширения :

1. Планковская эпоха — момент с которого начинает работать современная физика.
2. Инфляционная стадия. На этой стадии происходит резкое увеличение размеров Вселенной, а в конце его — также сильный нагрев.
3. Стадия радиационного доминирования. Основная стадия ранней Вселенной. Температура начинает снижаться и в начале электрослабое взаимодействие отделяется от сильного взаимодействия, затем образуются кварки. После смены последовательных эпох адронов и лептонов, в эпохе синтеза нуклонов образуются привычные нам химические элементы.
4. Эпоха доминирования вещества (пыли). В начале этой эпохи электромагнитное излучение отделяется от вещества и образуется реликтовый фон. Затем идут тёмные века. Они заканчиваются, когда излучение первых звёзд повторно ионизирует вещество.
5.  $\Lambda$ -доминирование. Текущая эпоха.

Момент образования реликтового фона является пограничным для эволюции вещества. Если до него она полностью определялась расширением, то после роль первой скрипки берет на себя гравитационное взаимодействие скоплений вещества, как друг с другом, так и с самим собой. Именно она отвечает за образование звезд, звездных скоплений галактик, а также слияние последних. Отделение реликтового фона стало возможным благодаря остыванию Вселенной, вызванному расширением. При этом постепенно проходит процесс изменения химического состава из-за вспышек сверхновых звезд.

Возникновение жизни — следующий этап развития Вселенной, знаменующий, что вещество теперь может самоорганизовываться, а не слепо следовать физическим процессам.

Вот один из предполагаемых сценариев рождения Вселенной:

Вселенная образовалась в результате Большого взрыва примерно 13,7 млрд лет назад из особого состояния, обладающего большой плотностью энергии (космологической сингулярности). В таком состоянии возникают сильнейшие напряжения и отрицательные давления, вызывающие стремительное расширение сингулярности и генерацию материи внутри нее. При этом возникло четырехмерное пространство-время.

Следующая, инфляционная, стадия раздувания Вселенной началась с момента  $10^{-43}$  с и продолжалась до  $10^{-35}$  с. За это время Вселенная увеличилась более чем в  $10^{50}$  раз и достигла размера порядка современного радиуса —  $10^{28}$  см. Единое взаимодействие расщепилось сначала на гравитационное, затем на сильное и электрослабое, которое разделилось, в свою очередь, на электромагнитное и слабое. Температура начала убывать обратно пропорционально квадратному корню от времени.

Стадия горячей Вселенной началась с *эры адронов* при температуре  $10^{12}$  К, плотности  $10^{14}$  г / см<sup>3</sup> и длилась  $10^{-4}$  с, было нарушено равновесие между частицами и античастицами, остались барионы (протоны и нейтроны), мезоны, античастицы пропали, так как их оказалось меньше, возникла барионная асимметрия Вселенной. Из равновесия с гамма-излучением вышли последовательно гипероны, нуклоны, мезоны. Именно из них и возникла вещественная Вселенная.

В *эре лептонов* при температуре, большей  $10^{10}$  и меньшей  $10^{12}$  К и плотности, меньшей  $10^{14}$  и большей  $10^4$  г / см<sup>3</sup>, в течение времени, меньше 10 с и больше  $10^{-4}$  с, самоуничтожаются электрон-позитронные пары. Через 0,2 с остаются реликтовые нейтрино, существующие до настоящего времени.

В *эре фотонов* спустя примерно  $3 \cdot 10^5$  лет при температуре, меньшей  $10^{10}$  К и большей  $3 \cdot 10^9$  К, и плотности, меньшей  $10^4$  г / см<sup>3</sup> и большей  $10^2$  г / см<sup>3</sup>, образуются атомы, свет (фотоны) отделяется от вещества (на каждый атом во Вселенной приходится 1 млрд реликтовых фотонов).

Последняя стадия пылевой Вселенной включает *звездную эру*, которая началась спустя 1 млн лет после Большого Взрыва при температурах, меньше 3000 К, и плотностях, меньших  $10^{-21}$  г / см<sup>3</sup>. Тяготение стало сжимать первичные газовые сгустки с массой порядка  $10^5$  масс Солнца в плоские тела («блины») с массой  $10^{13}$  масс Солнца, из которых образовались галактики (звездные скопления).

Вспыхнули звезды первого поколения галактик.

### Развития космической науки и технологий

Развитие человечества не мыслимо без его экспансии в космос. Исследованием космического пространства человек занимался с самых древних времен. Обсерватории — одни из самых древних сооружений на Земле. Появление телескопов и теории гравитации упрочили знания о космосе. Однако путешествия в космос долго были уделом фантастов.

Посещение космоса стало возможно только после развития ракетной техники.

В средние века в Китае создана первая пороховая ракета. В 1379 г, итальянец Муратори сделал описание ракеты и впервые ввел в употребление итальянское слово «ракета». В фундаментальном труде известного ученого Даниила Бернулли (1700— 1782) «Гидродинамика», написанном в 1738 г. в Петербурге, содержится теория реактивного движения для судов. В конце 19 в. идеи постепенно переходят в разряд проектов и теорий. Так, в 1867 г. Н.А. Телешов (1826 — 1895) получил патент на реактивный самолет, а через четыре года русский инженер Н.И. Кибальчич (1853 — 1881) создал проект пилотируемого порохового ракетного летательного аппарата. В развитии ракетно-космической техники важную роль сыграли фундаментальные труды российских ученых Н.Е. Жуковского, К.Э. Циолковского, И.В. Мещерского, Германа Оберта, Роберта Годдарда.

В первой половине 20 века разработаны ракеты разных модификаций и произведен их запуск. Существенный вклад в разработку ракетно-космической техники внесли ученые СССР (группа ГИРД) и Германии (проекты ФАУ). В рамках 2 мировой войны ракетная техника стала использоваться в военной области.

После войны гонка вооружения заставила СССР и США организовать разработку мощных баллистических ракет, которые уже можно было использовать для освоения космоса. В СССР исследования возглавляли С.П. Королев), В.П. Глушко, Н.А. Пилюгин, Б.В. Раушенбах, В.Ф. Уткин и другие. Были разработаны ракеты носители Спутник, Восток, Молния, Космос, Восход, Протон, Союз, Циклон, Зенит, Энергия. В США разработки велись отдельными коммерческими фирмами и научными центрами под руководством NASA, выделяется только немецкий ученый Вернер фон Браун (автор первых полетов и лунной программы). Были разработаны ракеты носители Джунго, Атлас, Тор Эйбл, Дельта, Редстоун, Сатурн, Титан, Пегас, Таурус.

Основные этапы освоения космоса:

4 октября 1957 года — запуск первого искусственного спутника земли «Спутник-1»

12 апреля 1961 года – Первым в истории космонавтом стал Юрий Гагарин, совершивший космический полёт на корабле «Восток».

- 5 мая 1961 года – Первым американским астронавтом стал Алан Шепард, совершивший суборбитальный полёт на корабле «Меркурий-3».
- 6 августа 1961 года – третьим космонавтом стал, самый молодой космонавт Герман Титов. Титов совершил полёт в 25 лет на корабле «Восток-2». Первый в мире космический полёт длительностью более суток. Впервые космонавт спал в невесомости.
- 20 февраля 1962 года – Первым американским астронавтом по версии, совершившим полномасштабный полет стал Джон Гленн, совершивший полёт в космос на корабле «Меркурий-6».
- 16 июня 1963 года – Первой женщиной-космонавтом стала Валентина Терешкова, совершившая полёт в космос на корабле «Восток-6»
- 12 октября 1964 года – Первым многоместным космическим кораблём стал «Восход-1».
- 18 марта 1965 года – Первым человеком, вышедшим в открытый космос, стал Алексей Леонов. Выход осуществлён из корабля «Восход-2».
- 24 декабря 1968 года – Первыми людьми, облетевшими Луну, стали Фрэнк Борман, Уильям Андерс, Джеймс Ловелл — члены экипажа корабля «Аполлон-8».
- 20 июля 1969 года – Первыми людьми, совершившими высадку на поверхность Луны, стали Нил Армстронг и Эдвин Олдрин — члены экипажа корабля «Аполлон-11».
- 15 октября 2003 года – Первым китайским космонавтом стал Ян Ливэй. Китай впервые запустил

своего гражданина на корабле собственного производства «Шэньчжоу-5» и с помощью собственной ракеты-носителя, став таким образом третьей по счёту космической державой.

- 19 апреля 1971 года — запущена первая орбитальная станция «Салют-1».
- 3 марта 1972 года — запуск первого аппарата, покинувшего впоследствии пределы Солнечной системы: «Пионер-10».
- 12 апреля 1981 года — первый полёт первого многоразового транспортного космического корабля «Колумбия».
- 15 ноября 1988 года — первый и единственный космический полёт МТКК «Буран» в автоматическом режиме.
- 20 ноября 1998 года — запуск первого блока «Заря» Международной космической станции.

Исследования планет

#### Луна СССР

- 4 января 1959 года — станция «Луна-1» прошла на расстоянии 60000 километров от поверхности Луны и вышла на гелиоцентрическую орбиту. Она стала первым в мире искусственным спутником Солнца.
- 14 сентября 1959 года — станция «Луна-2» впервые в мире достигла поверхности Луны, доставив вымпел с гербом СССР.
- 4 октября 1959 года — межпланетная станция «Луна-3» впервые в мире сфотографировала невидимую с Земли сторону Луны. Также во время полёта впервые в мире был на практике осуществлён гравитационный манёвр.
- 3 февраля 1966 года — АМС «Луна-9» совершила первую в мире мягкую посадку на поверхность Луны, были переданы панорамные снимки Луны.
- Высадка радиоуправляемых луноходов (1970-1973).
- Доставка грунта Луны (1976).

#### США

- Программа «Рейнджер» — фотографирование поверхности (1961-1965).
- Программа «Сервейер» — мягкая посадка (1966-1968).
- Программа «Луна орбитер» — фотографирование поверхности (1966-1967).
- Программа «Апполон» — пилотируемые полеты на луну с посадкой и взлетом (1969-1972).
- Программа «Клементин» — видеосъемка поверхности (1994).
- Программа «Луна Проспектор» — автоматическая исследовательская станция (1998).
- Программа «LCROSS» — падение на поверхность (2009), обнаружена вода.

#### Европа

- Программа «Смарт» — фотографирование и сканирование поверхности (2003).

#### Япония

- Спутник «Хайтен» (1990) и автоматическая станция «Кагуя» (2007).

#### Китай

- Спутники «Чанъэ» (2007, 2010) и луноходы «Юйту» (2013, 2019).

#### Индия

- Автоматическая станция «Чадраян» (2008).

#### Марс

Кроме Луны, наиболее изучена планета Марс. Особенно активно изучают Марс в NASA (США). СССР имела несколько программ по исследованию этой планеты — Марс и Фобос. Результаты — облет и фотографирование Марса, 1 удачная попытка посадки на Марсе. Россия пока не имеет достижений в деле изучения Марса. США выполнили несколько программ по исследованию Марса. Сегодня они имеют несколько автоматических станций на орбите Марса и 2 удачные экспедиции марсоходов. Последняя (Кьюриосити) продолжается до сих пор. Марсоходы многократно фотографировали поверхность, брали образцы грунта (правда пока на Землю образцы не доставлены), проводили пробное

бурение.

- 13 ноября 1971 года — станция «Маринер-9» стала первым искусственным спутником Марса.
- 27 ноября 1971 года — станция «Марс-2» впервые достигла поверхности Марса.
- 2 декабря 1971 года — первая мягкая посадка АМС на Марс: «Марс-3».

### Венера

В деле исследования Венеры первоначально лидировал СССР. В рамках проекта «Венера» были созданы автоматические станции на орбите планеты, были случаи удачной посадки на поверхность. Однако условия на Венере оказались крайне неблагоприятны, очень высокая температуры, химически агрессивная атмосфера, высокое давление. Автоматические станции быстро выходят из строя, есть проблемы с энергией для их работы. Эти сложности уменьшили желание активизации исследований.

- 1 марта 1966 года — станция «Венера-3» впервые достигла поверхности Венеры, доставив вымпел СССР. Это был первый в мире перелёт космического аппарата с Земли на другую планету.
- 15 декабря 1970 года — первая в мире мягкая посадка на поверхность Венеры: «Венера-7».
- 20 октября 1975 года — станция «Венера-9» стала первым искусственным спутником Венеры.
- октябрь 1975 года — мягкая посадка двух космических аппаратов «Венера-9» и «Венера-10» и первые в мире фотоснимки поверхности Венеры.

В настоящее время исследования Венеры продолжаются, но пока в рамках орбитальных исследовательских станций. По немного участвуют все космические державы.

### Другие планеты и солнечная система

Космический аппарат «Вояджер-1» послан в межзвездный полет через всю солнечную систему. В 1990 году он уже был на расстоянии в 6 млрд км от Земли. В ходе выполнения своей миссии «Вояджер-1» стал самым дальним от Земли объектом, созданным человеком. В настоящее время считается что он вылетел за пределы Солнечной системы.

- 7 декабря 1995 года — станция «Галилео» стала первым искусственным спутником Юпитера.
- 24 июня 2000 года — станция NEAR Shoemaker стала первым искусственным спутником астероида (433 Эрос).
- 30 июня 2004 года — станция «Кассини» стала первым искусственным спутником Сатурна.
- 15 января 2006 года — станция «Стардаст» доставила на Землю образцы кометы Вильда 2.
- 17 марта 2011 года — станция Messenger стала первым искусственным спутником Меркурия.

К настоящему времени имеют возможности (носители) посылки в космос людей 3 страны — Россия, США, Китай. Еще несколько стран имеют носители для запуска спутников — Великобритания, Франция, Индия, Япония, Израиль. Обитаемые орбитальные станции — Мир, МКС (международная) и другие. В космос были выведено несколько сот спутников, большая часть из них уже не работает. Ведутся проекты по изучению Луны, Марса, Венеры, Меркурия, Юпитера, Сатурна, Урана, астероидов и комет, Солнца. На орбиту были доставлено несколько космических телескопов в самых разных диапазонах волн. Информация, полученная например телескопом Хаббл имеет исключительно важную роль для астрономии и космогонии.

### Теория развития Земли. Геологические периоды, изменение климата

Земля является частью Солнечной системы, ее появление и последующее развитие складывается как часть эволюции Солнечной системы. Первую эволюционную теорию развития Солнечной системы была предложена еще в 18 веке в работах немецкого философа И.Канта («Всеобщая естественная история и теория неба») и П.Лапласа («Изложение системы мира»). В ней Солнце и планеты Солнечной системы образовались в результате эволюционного развития пылевой или газовой туманности. В основе современных представлений об образовании планет Солнечной системы лежит аналогичная гипотеза, высказанная в 1943 году российским учёным О.Ю.Шмидтом.

В ходе формирования Земля постоянно получала приток космического вещества. Масса Земли за

счёт вещества из космоса в настоящее время прирастает на  $10^9$  кг/год. Предполагается, что в период образования Земли, длящийся приблизительно 60 млн лет, прирост её массы составлял  $10^{17}$  кг/год. При этом возраст Земли сейчас оценивается в 4,6 – 4,7 млрд лет. С другой стороны падение особо крупных тел на Землю могло сопровождаться и выбросов массы обратно в космос. Так основная теория образования Луны заключается в том, что она является куском Земли «вырванным» в результате удара о Землю массивного космического тела.

Считается, что первоначально Земля была достаточно горяча и не имела ни современной гидросферы, ни атмосферы. На ранних этапах эволюции Земли гидросфера на её поверхности отсутствовала. Вода выделилась из недр Земли в результате её тектонической активности. Выделение воды и формирование гидросферы продолжается и в настоящее время. Атмосфера в процессе эволюции Земли так же претерпела существенные изменения. Например, около 3,8 млрд. лет назад атмосфера Земли, как предполагают учёные, состояла из главным образом из углекислого газа, азота и водорода. Кислород начал появляться в атмосфере около 2,5–2,0 млрд лет назад. Его содержание тогда не превышало десятых долей процента. Сейчас атмосфера Земли состоит в основном на 78% из азота, на 21% и кислорода, 0,9% из аргона, на 0,03% из углекислого газа и из других газов в очень малых долях процента.

Историю развития Земли принято делить на определенные эоны, эры и периоды.

Эон	Эра	Период	Число лет назад	События этапа развития
Архейский			3800-2500 миллионов лет	Постепенное остывание, появление первых одноклеточных живых существ, царство анаэробных доклеточных организмов. Появление кислорода в атмосфере.
Протерозойский			2500-540 миллионов лет	Формирование современной атмосферы, формирование мирового океана, наиболее мощное оледенение в истории Земли. Появление многоклеточных организмов — губки, грибы. Образование почвы.
Фанерозойский	Палеозойская	Кембрий, Ордовик, Силур	540-419 миллионов лет	Суперконтинент Гондвана. Завершение формирования современной атмосферы. Царство морской жизни. Трилобиты.
		Девон	419-359 миллионов лет	Океан Тетис. Морские головоногие аммониты. Первые панцирные и другие рыбы. Начало освоения суши. Первые деревья.
		Карбон	359-298 миллионов лет	Высокий уровень кислорода в атмосфере, слабое разложение древесины, накопление древесных остатков. Мощное углеобразование (каменноугольный период). Суперконтинент Пангея. Появление насекомых и земноводных. Первые пресмыкающиеся рептилии.
	Пермский	298-252 миллионов лет	Рост содержания углекислого газа в атмосфере. Усиление вулканической активности. Формирование гор Урала и Аппалач. Великое пермское вымирание большинства живых существ.	
	Мезозойская	Триасовый	252-201 миллионов лет	Постепенное раскалывание Пангеи. Резкие изменения концентрации

				кислорода в атмосфере. Продолжается вымирание видов. Постепенное формирование основных видов динозавров.
		Юрский	201-145 миллионов лет	Продолжение распада Пангеи. Бурный рост растительности, обширные леса из папоротников и голосеменных растений. Царство динозавров. Распространение листопадных и хвойных деревьев .
		Меловой	145-66 миллионов лет	Формирование структуры современных континентов. Начало процесса вымирания динозавров. Появление цветковых растений. В конце периода меловое вымирание животных и растений. Вымерли практически все динозавры.
Кайнозойская		Палеоген	66-23 миллионов лет	Тропический климат, снова рост растительности. В конце появляются ледяники на полюсах. Расцвет млекопитающих, рыб, китообразных.
		Неоген	23-2,6 миллионов лет	Практически современные очертания континентов. Сформировался панамский перешеек, рост Гималаев. Наличие сухопутных мостов между Африкой и Евразией, Евразией и Северной Америкой. Быстрая смена видов животных и массовые миграции животных. Одни вымирают, другие развиваются.
		Четвертичный (плейстоцен и голоцен)	2,6 миллионов лет до настоящего времени	Зафиксированные магнитные инверсии — смены магнитных полюсов. Быстрое изменение состава животного мира. Вымирание мамонтов, мастодонтов, саблезубых тигров и других гигантских животных. Фиксация периодических ледниковых периодов и периодов потепления климата. Фиксация появления гоминидов (человекообразных). Расселение человечества.

Геологическая история Земли делится на 3 основных этапа-эона : архей и криптозой длился 3 млрд лет и фанерозой длится последние 570 млн лет. Зарождение жизни произошло 3,5...3.8 млрд лет назад.

### Моделирование эволюции природы, климата, общества

Метод моделирования является базовым для исследования эволюционных систем. Компьютерное моделирование — наиболее удобный вариант такого исследования. В настоящее время наука разработала множество эволюционных моделей, в том числе:

- Климатические модели. Рассматривают как процессы колебания климата, так и антропогенное влияние на климат со стороны человека. Некоторые модели грозят сложными последствиями при потеплении климата, нарушении работы Гольфстрима и т. д.
- Экологические модели и модели биоценоза. Рассматривают развитие биосферы с учетом антропогенного влияния со стороны человека. Некоторые модели грозят сложными

последствиями.

- Модели эволюции вселенной, космоса и космических объектов. Считаются очень важными модели движения комет и крупных астероидов, которые могут грозить Земле.
- Модели развития и зарождения жизни. Попытка выяснить механизм зарождения и динамики живых организмов.
- Модели геологии, тектоники, вулканической деятельности. Попытка предсказать распространение запасов полезных ископаемых, предсказывать землетрясения, цунами, извержения вулканов.
- Модели развития экономики, демографии, развития эпидемий, развития инфраструктуры и других геоинформационных структур. Эти модели связаны с развитием человеческого общества, государств и глобальных процессов, связанным с человечеством.

Дополнительно:

[2] с.412-468

[3] с.189-204

[4] с.445-479

Земля: Биография планеты. Фильм National Geographic <https://www.youtube.com/watch?v=kS2t0kvIMmw>

Биография Земли | Эволюция [https://youtu.be/W3\\_-88SZpm8](https://youtu.be/W3_-88SZpm8)

Современные взгляды на эволюцию. Естествознание 5.3 <https://www.youtube.com/watch?v=BZOB1HDq2Hg>

Все из ничего | Эволюция <https://youtu.be/vfle6B-Ngz4>

Великое в малом. Биологическая эволюция <https://www.youtube.com/watch?v=Cp8VX0pltL8>

Космос. Исследование других планет <https://www.youtube.com/watch?v=2t7qhInfTnc>

Эры в истории земли [https://www.youtube.com/watch?v=nw0wiiZhg\\_Q](https://www.youtube.com/watch?v=nw0wiiZhg_Q)

Геологическая история Земли, Рождение и эволюция Планеты <https://www.youtube.com/watch?v=fqbPndSLycI>

Музей космонавтики.История освоения космоса. <https://www.youtube.com/watch?v=5XkPg2KhTuk>