

Федеральное агентство по образованию  
Владивостокский государственный университет  
экономики и сервиса

---

**Л.Р. РОДКИНА  
Е.Э. ШМАКОВА**

**КОНЦЕПЦИИ  
СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

Практикум

Владивосток  
Издательство ВГУЭС  
2010

Рецензенты: В.Н. Савченко, д-р физ.-мат. наук;  
В.С. Печников, канд. физ.-мат. наук

**Родкина Л.Р., Шмакова Е.Э.**

**Р 65 КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ:**  
[Текст] практикум. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2010.  
– 144 с.

Практикум составлен в соответствии с учебной программой курса, а также требованиями образовательного стандарта к учебной дисциплине «Концепции современного естествознания». Состоит из двух разделов, в которых рассмотрены вопросы о современных концепциях физики, химии, космологии, биологии, информатики. Включены вопросы практической направленности естественнонаучного познания окружающего мира, описание современных методов и техники эксперимента как основы естествознания. В конце каждой главы приведены контрольные вопросы, задачи, характерные задачи с примерами решения.

Приводятся контрольные задания для студентов заочников.

Предназначен студентам высших учебных заведений гуманитарных специальностей.

ББК 35.45

Печатается по решению РИСО ВГУЭС

© Издательство Владивостокский  
государственный университет  
экономики и сервиса, 2010

# **ВВЕДЕНИЕ**

*Способность ясно видеть взаимосвязи  
принадлежит к самым прекрасным  
ощущениям в жизни.*

*А. Эйнштейн  
(Из письма к М. Борну)*

## **Понятие о физической картине мира**

По мере накопления экспериментальных данных постепенно вырисовывалась и складывалась величественная и сложная картина окружающего нас мира и Вселенной в целом. Научные поиски и исследования, проведенные на протяжении многих веков, позволили И. Ньютону (1643–1727 г.) открыть и сформировать фундамент закона механики – науки о механическом движении материальных тел и происходящих при этом взаимодействиях между ними. В то время законы Ньютона оказались настолько всеобъемлющими, что легли в основу построения механической картины мира, согласно которой все тела должны состоять из абсолютно твердых частиц, находящихся в непрерывном движении. Взаимодействие между телами осуществляется с помощью сил тяготения (гравитационных сил). Все многообразие окружающего нас мира, по Ньютону, заключалось в различии движения частиц.

Механическая картина мира господствовала до тех пор, пока Дж. Максвеллом (1873 г.) не были сформулированы уравнения, описывающие основные закономерности электромагнитных явлений. Эти закономерности не могли быть объяснены с точки зрения механики Ньютона.

В отличие от классической механики, где предполагается, что взаимодействие между телами осуществляется мгновенно, теория Максвелла утверждала, что взаимодействие происходит с конечной скоро-

стью, равной скорости света в вакууме, посредством электромагнитного поля (теория близкодействия). Создание СТО – нового учения о пространстве и времени – позволило полностью обосновать электромагнитную теорию.

В состав всех без исключения атомов входят электрически заряженные частицы. С помощью электромагнитной теории можно объяснить природу сил, действующих внутри атомов, молекул и макроэкономических тел. Это положение легло в основу электромагнитной картины мира, согласно которой все происходящие в мире явления пытались объяснить с помощью законов электродинамики, однако объяснить строение и движение материи только электромагнитными методами не удалось.

Дальнейшее развитие физики показало, что кроме гравитационного и электромагнитного существуют и другие взаимодействия. Первая половина XX века ознаменовалась интенсивными исследованиями строения электрических оболочек атомов и тех закономерностей, которые управляют движением электронов в атоме. Это привело к возникновению новой отрасли физики – квантовой механики. В квантовой механике используют понятие дуализма: движущаяся материя является одновременно веществом и полем, то есть обладает одновременно корпускулярными и волновыми свойствами. В классической же физике материя всегда либо совокупность частиц, либо поток волн. Развитие ядерной физики, открытие элементарных частиц, исследование их свойств и взаимопревращения привели к установлению еще двух типов взаимодействий, названных сильными и слабыми.

Понятия механики или квантовой теории, представления структурной химии или теории относительности, которые не могли быть сформулированы на основе «здорового смысла», оказали огромное влияние на современную картину мира, на мировоззрение. Они стали частью современной культуры и потому служат фундаментом современного высшего образования.

Пособие состоит из двух разделов. Первый раздел включает в себя семь глав, отражающих основные концепции точного естествознания. Каждая глава состоит из плана семинарского занятия, теоретического обоснования темы, примеров решения задач, контрольных вопросов и задач.

Глава первая посвящена изложению основных проблем и понятий современного естествознания, в том числе: атомистическое строение материи, химические связи и химические реакции, статистическое понимание философских законов, квантовая механика.

Во второй главе рассматривается концепция элементарных частиц, их классификация, теория возникновения Вселенной.

В третьей главе обсуждаются задачи, методы описания материального мира в пространстве и во времени. Дается характеристика категориям пространства и времени, материи и движения как основы миропонимания.

Глава четвертая рассматривает законы сохранения в природе, описывается связь законов сохранения с принципами симметрии.

Главы пятая и шестая посвящены вопросам полевой формы материи и волновым процессам, теории корпускулярно-волнового дуализма.

В главе седьмой рассматриваются законы, определяющие направленность процессов в природе. Дается представление об образовании среды хаоса упорядоченных структур, которые возникают тогда, когда существенным оказывается выбор пути развития.

Второй раздел посвящен вопросам возникновения жизни и ее эволюции. Он включает в себя шесть глав.

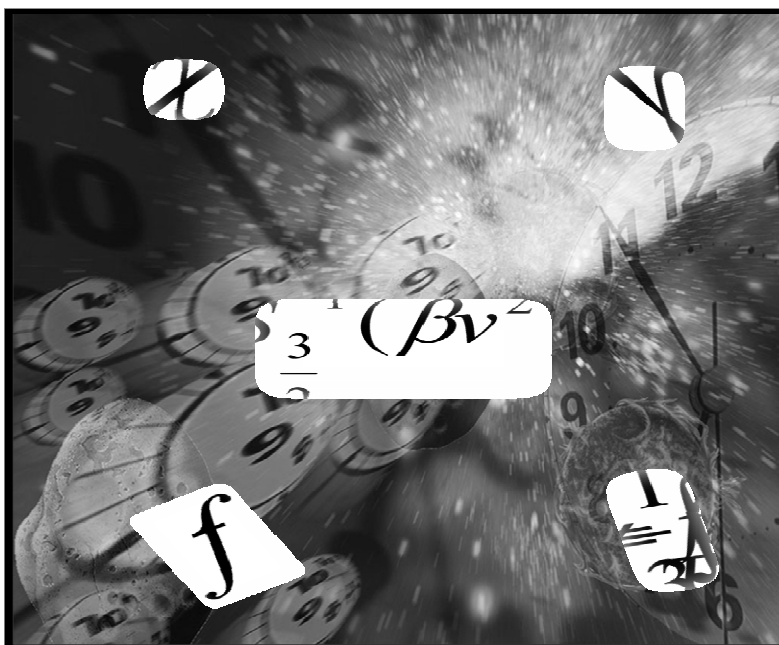
Первая и третья главы посвящены биохимической эволюции жизни. Огромное внимание уделено неорганическим и органическим соединениям и их многообразию. Рассматривается вопрос о появлении свойства биологического узнавания на основе свойств биополимеров, самовоспроизведение биологических структур как следствие матричного синтеза: нуклеиновые кислоты, генетический код, биосинтез белка.

Главы вторая и четвертая посвящены нашей планете: раскрыто происхождение, строение и эволюция планеты Земля, образование и взаимодействие оболочек. Рассмотрены основные теории возникновения жизни на Земле.

Пятая глава раскрывает вопросы, связанные с живыми организмами. Рассматриваются различные системы управления в биологии на уровне тканей – эндокринная и нервная системы, на уровне клетки – система обратных связей на молекулярном уровне.

Шестая глава посвящена проблеме влияния человека на биосферу. Рассмотрены понятия ноосферы, техносферы. Обсуждаются вопросы возможности рационального природоиспользования с целью предотвращения экологической катастрофы.

# Раздел I ТОЧНОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ



# Глава 1

## КОНЦЕПЦИЯ

### АТОМИСТИЧЕСКОГО

### СТРОЕНИЯ ВЕЩЕСТВА

---

---

#### 1.1. План семинарского занятия

1. Начальные взгляды на строение вещества. Вещества и их изменения. Основные понятия и определения.
2. Развитие представления о сложном строении атома. Теория Бора.
3. Квантовая теория строения атома. Квантовые числа электронов.
4. Электронные конфигурации атомов. Ядро атома и радиоактивные превращения. Правила заполнения электронных оболочек.
5. Периодический закон Д.И. Менделеева. Периодическая таблица и электронные конфигурации атомов.
6. Химическая связь. Ионная связь. Ковалентная связь. Донорно-акцепторная связь. Металлическая связь. Водородная связь.

#### 1.2. Теоретическое обоснование темы

Гипотеза о том, что все вещества состоят из большого числа атомов, зародилась свыше 2 тыс. лет тому назад. Сторонники атомистической теории, начиная с греческого философа Демокрита, рассматривали атом как мельчайшую неделимую частицу (от греческого «атомос» – неделимый) и считали, что все многообразие мира есть не что иное, как сочетание неизменных частиц – атомов.

Конкретные представления о строении атомов развивались по мере накопления физикой фактов о свойствах вещества. Большая роль в этой области науки принадлежит Д.И. Менделееву (1834–1907 г.).

Открытия, совершённые во второй половине XIX века, заставили усомниться в неделимости атомов. Очень важным стало открытие не-

мецких ученых К. Кирхгофа и Р. Бунзена: по наличию набора спектральных линий они предположили, что атом представляет собой сложную систему. Об этом уже свидетельствовало явление ионизации атомов.

Ответ на вопрос, что является носителем заряда, теряемого или приобретаемого атомом в процессе ионизации, был дан в самом конце XIX века. Оказалось, что таким носителем является входящий в состав атома электрон – отрицательно заряженная частица массой  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$  и зарядом  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ . Опираясь на эти открытия, английский физик Дж. Томсон в 1898 г. предложил первую модель атома в виде положительно заряженного шарика, в который вкраплены отдельные электроны, нейтрализующие положительный заряд.

### **Основные понятия атомарно-молекулярного учения**

Каждый отдельный вид материи обладает при данных условиях определенными физическими свойствами. Например: воду, железо, серу, известь, кислород называют *веществом*.

Вещество определяется тремя признаками:

- занимает часть пространства;
- обладает массой покоя;
- построено за счет сил притяжения и отталкивания.

Вещество существует в трех агрегатных состояниях:

1) газообразное состояние – вещество не имеет ни собственной формы, ни собственного объема; оно принимает форму и объем того сосуда, в котором находится; вещество может расширяться и его можно легко сжимать;

2) жидкое состояние – вещество не имеет своей формы, принимает форму сосуда, в котором находится, но имеет определенный объем; сжимаемость вещества в жидком состоянии невелика;

3) твердое состояние – вещество обладает механической прочностью (это свойство не присуще ни газам, ни жидкостям), имеет форму и объем; сжимаемость незначительна.

В основе химической науки лежит атомно-молекулярное учение. Это учение строится на двух принципах: дискретности вещества и неделимости атома.

Согласно этому учению:

- 1) все вещества состоят из отдельных частиц молекул;
- 2) при химических превращениях молекулы разрушаются, при физических сохраняются;



3) молекулы состоят из атомов, при химических реакциях атомы не разрушаются;

4) атомы каждого вида (элемента) одинаковы между собой, но отличаются от атомов любого другого вида (элемента);

5) суть химической реакции – в образовании новых веществ из тех же самых атомов, из которых состоят первоначальные вещества.

Если молекула образована атомами одного элемента, то это молекула простого вещества. Молекула сложного вещества образована атомами разных элементов. Состав молекулы вещества выражается с помощью химических формул. Число атомов, входящих в состав молекулы, указывается правым индексом. Например:  $H_2SO_4$  – означает, что это сложное вещество, его молекула состоит из двух атомов водорода, одного атома серы и четырех атомов кислорода;  $H_2$  – простое вещество, молекула которого состоит из двух атомов водорода.

1869 г. Д.И. Менделеев впервые сформулировал периодический закон (основная характеристика элементов – их атомные веса): свойства простых тел, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от величины атомных весов элементов. На базе современных представлений периодический закон формулируется так: свойства простых веществ, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от величины заряда ядра атома (порядкового номера).

Большинство металлов обладает рядом свойств, имеющих общий характер и отличающихся от свойств других простых или сложных веществ. Такими свойствами являются сравнительно высокие температуры плавления, способность к отражению света, высокая тепло- и электропроводность. Эти особенности обязаны существованию в металлах особого вида связи – *металлической связи*.

Атомы металлов имеют небольшое число валентных электронов. Эти электроны достаточно слабо связаны со своими ядрами и могут легко отрываться от них. В результате этого в кристаллической решетке металлов появляются положительно заряженные ионы и свободные электроны. Одни из атомов будут терять свои электроны, а образующиеся ионы могут принимать эти электроны из электронного газа. Вследствие этого металл представляет собой ряд положительных ионов, локализованных в определенных положениях кристаллической решетки, и большое количество электронов, сравнительно свободно перемещающихся в поле положительных центров. В случае металлов невозможно говорить о направленности связей, т.к. валентные электроны распределены по кристаллу почти равномерно. Именно этим и объясняется, например, пластичность металла.

Существует еще особый вид связи – *водородная связь*. Само название подчеркивает, что в ее образовании принимает участие атом водорода. Атом водорода, соединенный с сильно электроотрицательным элементом, способен образовывать еще одну химическую связь с другим подобным элементом. Условием образования этой связи является высокая электроотрицательность атома, непосредственно связанного в молекуле с атомом водорода. Атом с сильной электроотрицательностью смещает к себе общую электронную пару, приобретая отрицательный заряд, а атом водорода с внешней стороны почти полностью лишается электронного облака. С внешней стороны остается протон водорода, он будет взаимодействовать с отрицательно заряженным атомом другой молекулы. Водородная связь затрудняет отрыв молекулы друг от друга, играет большую роль в живой и неживой природе. Температура кипения воды намного выше, чем соответствующих соединений остальных элементов 6 группы ( $H_2S$ ,  $H_2Se$ ,  $H_2Te$ ), именно благодаря водородным связям. Водородная связь служит причиной некоторых важных особенностей воды – вещества, играющего огромную роль в процессах, протекающих в живой и неживой природе. Она в значительной мере определяет свойства и таких биологически важных веществ, как белки и нуклеиновые кислоты. Так, наиболее важным и, несомненно, одним из наиболее известных примеров влияния внутримолекулярной водородной связи на структуру является дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК). Молекула ДНК свернута в виде двойной спирали. Две нити этой двойной спирали связаны друг с другом водородными связями.

Молекулы органических соединений, содержащие группы  $-OH$ ,  $-COOH$ ,  $-CONH_2$ ,  $NH_2$  и др., часто ассоциированы вследствие образования водородных связей.

Доказательством сложности строения атома было открытие самопроизвольного распада атомов некоторых элементов, названное *радиоактивностью*. В 1896 году французский физик А. Беккерель обнаружил, что материалы, содержащие уран, засвечивают в темноте фотопластинку, ионизируют газы, вызывают свечение флюоресцирующих веществ.

В дальнейшем выяснилось, что этой способностью обладает не только уран. Титанические усилия, связанные с переработкой огромных масс урановой смоляной руды, позволили П. Кюри и М. Склодовской-Кюри открыть два новых радиоактивных элемента полоний и радий. Последовавшие за этим установление природы  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -лучей, образующихся при радиоактивном распаде (Э. Резерфорд, 1899–1903 гг.), открытие ядер атомов диаметром  $10^{-6}$  нм, занимающих незначительную долю объема атома (Э. Резерфорд, 1909–1911 гг.), определение

заряда электрона (Р. Милликен, 1909–1914 г.) и доказательство дискретности его энергии в атоме (Дж. Франк, Г. Герц, 1912 г.), открытие того факта, что заряд ядра равен номеру элемента (Г. Мозли, 1913 г.), и наконец, открытие протона (Э. Резерфорд, 1920 г.) и нейтрона (Дж. Чедвик, 1932 г.) позволили предложить следующую модель строения атома.

## Строение атома

Атом любого химического элемента состоит из ядра и электронной оболочки.

1. В центре атома находится положительно заряженное ядро, занимающее ничтожную часть пространства внутри атома;

2. Весь положительный заряд и почти вся масса атома сосредоточены в его ядре (масса электрона равна  $1/1823 a.e.m.$ );

3. Ядра атомов состоят из протонов и нейтронов (общее название – нуклоны). Число протонов и нейтронов в ядре равно порядковому номеру элемента, а сумма чисел протонов и нейтронов соответствует его массовому числу;

4. Вокруг ядра вращаются электроны. Их число равно положительному заряду ядра.

Различные виды атомов имеют общее название – нуклиды. Нуклиды достаточно охарактеризовать любыми двумя числами из трех фундаментальных параметров:

$A$  – массовое число,

$Z$  – заряд ядра, равный числу протонов, и

$N$  – число нейтронов в ядре.

Эти параметры связаны между собой соотношениями:

$$Z = A - N, N = A - Z, A = Z + N.$$

Нуклиды с одинаковым  $Z$ , но различными  $A$  и  $N$  называют изотопами.

Ядро состоит из положительно заряженных и нейтральных частиц – протонов и нейтронов. *Протон ( $P^+$ ) – стабильная элементарная положительная частица.* Положительный заряд протона равен по абсолютной величине заряду электрона. Масса протона больше массы электрона приблизительно в 1836 раз и равняется  $1,67 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$ .

В 1913 г. датский физик Н. Бор предложил свою теорию строения атома. При этом Бор не отбрасывал полностью старые представления о строении атома: как и Резерфорд, он считал, что электроны вращаются вокруг ядра подобно планетам, движущимся вокруг Солнца, однако в

основу новой теории были положены два *необычных предложения (постулата)*. 1. Электрон может вращаться вокруг ядра не по произвольным орбитам, а только по строго определенным (стационарным) круговым орбитам. Радиус орбиты  $r$  и скорость электрона  $v$  связаны квантовым соотношением Бора:

$$m \cdot v \cdot r = n \cdot \hbar, \quad (1.1)$$

где  $m$  – масса электрона,

$n$  – номер орбиты,

$\hbar$  – постоянная Планка ( $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34}$  Дж·с).

2. При движении по этим орбитам электрон не излучает и не поглощает энергии.

Таким образом, Бор предположил, что электрон в атоме не подчиняется законам классической физики. Согласно Бору, излучение или поглощение энергии определяется переходом из одного состояния, например, с энергией  $E_1$ , в другое – с энергией  $E_2$ , что соответствует переходу электрона с одной стационарной орбиты на другую. При таком переходе излучается или поглощается энергия  $\Delta E$ , величина которой определяется соотношением:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu, \quad (1.2)$$

где  $\nu$  – частота излучения,  $h = 2 \cdot \pi \cdot \hbar = 6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с.

Отметим важное соотношение для радиусов орбит электрона в атоме водорода:

$$r_n = n^2 \cdot \frac{\hbar^2 \cdot E_0}{\pi \cdot m_e \cdot e^2}. \quad (1.3)$$

Подставляя значения констант ( $\hbar$ ,  $\pi$ ,  $E_0$ ,  $m_e$ ,  $e$ ) и считая  $n = 1$ , получаем значение первого боровского радиуса, который является единицей длины в физике атома:

$$r_B = 0,528 \cdot 10^{-10} \text{ м}.$$

Бор рассчитал частоты линий спектра атома водорода, которые очень хорошо согласовывались с экспериментальными значениями.

В последующие годы некоторые положения теории Бора были переосмыслены, видоизменены, дополнены. Наиболее существенным нововведением явилось понятие об электронном облаке, которое пришло на смену понятию об электроны, как только частице. Большую часть пространства атома занимают электроны. Электрон ( $e^-$ ) – элементарная отрицательная частица, носитель элементарного электрического заряда. Электрон движется с такой большой скоростью, что зафиксировать его

положение в какой-либо определенной точке пространства невозможно. Представим себе, что человек мог бы уменьшиться до размеров атомного ядра и наблюдать движение электрона «изнутри» атома водорода. Он увидел бы электрон, «размазанный» по объему атома и мог бы сказать, что он находится «где-то здесь». Поэтому обычно говорят об электронных облаках, образующихся при движении электрона вокруг ядра. С увеличением номера элемента увеличивается и число электронов, и поэтому форма электронных облаков становится более сложной.

Модель Бора стала первой квантовой моделью атома. Объединив в себе результаты, полученные при исследовании радиоактивности, оптических и электромагнитных явлений, теория Бора положила начало новой эпохи в развитии теории атома и сразу же обнаружила справедливость в спектроскопии и химии.

За создание квантовой теории атома Н.Бор стал лауреатом Нобелевской премии по физике в 1922 г.

На смену теории Бора пришла квантовая теория строения атома, которая учитывает волновые свойства электрона. Электрон имеет двойственную (корпускулярно-волновую) природу: он может вести себя и как частица, и как волна. Подобно частице, электрон обладает определенной массой и зарядом, в то же время движущийся поток электронов проявляет волновые свойства, например, характеризуется способностью к дифракции.

Длина волны электрона  $\lambda$  и его скорость  $v$  связаны соотношением де Бройля:

$$\lambda_e = hm / v, \quad (1.4)$$

где  $m$  – масса,

$v$  – скорость электрона.

Для электрона невозможно одновременно точно измерить координату и скорость. Чем точнее мы измеряем скорость, тем больше неопределенность в координате, и наоборот. Математическим выражением принципа неопределенности служит соотношение:

$$\Delta x m \Delta v \geq \hbar, \quad (1.5)$$

где  $\Delta x$  – неопределенность положения координаты,

$\Delta v$  – погрешность измерения скорости.

Электрон в атоме движется по определенным траекториям, а может находиться в любой части околоядерного пространства, однако вероятность его нахождения в разных частях этого пространства неодинакова. Пространство вокруг ядра, в котором вероятность нахождения электрона достаточно велика, называют *орбиталью*. Эти положения составляют

суть новой теории, описывающей движение микрочастиц, *квантовой механики*. Наибольший вклад в развитие этой теории внесли француз Л. де Бройль, немец В. Гейзенберг, австриец Э. Шредингер и англичанин П. Дирак.

Состояние электронов можно описать набором четырех квантовых чисел, но для объяснения строения электронных оболочек атомов нужно еще знать три основных положения:

- 1) принцип Паули;
- 2) принцип наименьшей энергии;
- 3) правило Гунда.

В 1925 г. швейцарский физик В. Паули установил правило, названное впоследствии *принципом Паули* (или запрет Паули): в атоме не может быть двух электронов, у которых все четыре квантовых числа были бы одинаковыми. Хотя бы одно из квантовых чисел  $n$ ,  $l$ ,  $m_l$  и  $m_s$  должны отличаться обязательно.

В 1927 г. немецкий физик Ф. Гунд сформулировал так называемое *правило Гунда*: при данном значении  $l$  (то есть в пределах определенного подуровня) электроны располагаются таким образом, чтобы суммарный спин был максимальным.

*Принцип наименьшей энергии* (наибольший вклад в разработку этого принципа внес советский ученый В. М. Клечковский) – в атоме каждый электрон располагается так, чтобы его энергия была минимальной. Именно В. М. Клечковский впервые в 1961 г. сформулировал общее положение, что электрон занимает в основном состоянии уровень не с минимальным возможным значением  $n$ , а с наименьшим значением суммы  $n+l$ . Принцип наименьшей энергии справедлив только для основных состояний атомов. В возбужденных состояниях электроны могут находиться на любых орбиталях атомов, если при этом не нарушается принцип Паули. Дальнейшее развитие теории привело к созданию Шредингером и Гейзенбергом квантовой механики, описывающей поведение микрочастиц (1926 г.)

Все дискретные величины в микромире оказались пропорциональны постоянной М.Планка, введенной им в 1900 г. для решения проблемы излучения «черного тела».

### **1.3. Контрольные вопросы**

1. Какие агрегатные состояния вещества вы знаете?
2. В чем суть атомно-молекулярного учения?
3. Расскажите об опытах Резерфорда по рассеянию  $\alpha$ -частиц.
4. Сформулируйте постулаты Бора.

5. Объясните на основании теории Бора наличие линейчатых спектров у атома водорода.
6. В чем недостатки теории Бора?
7. В чем смысл гипотезы де Бройля?
8. Что изучает квантовая механика?
9. Как вы понимаете соотношение неопределённости?
10. Какие квантовые числа вам известны?
11. Сформулируйте принцип Паули.
12. Что такое изотопы?
13. Каков принцип расположения химических элементов в таблице Менделеева?
14. Чем химическая связь отличается от ковалентной?
15. Каким образом осуществляется связь атомов в металлах?
16. Чему равен первый борковский радиус электрона в атоме водорода?
17. Что такое атом? Что такое молекула?
18. Какие связи называют химическими? Какие виды химических связей вы знаете?
19. Дайте понятие макромира и микромира.
20. Приведите примеры фазовых переходов первого и второго рода. В чем их особенности?

## Глава 2

# КОНЦЕПЦИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ И «БОЛЬШОГО ВЗРЫВА»

---

---

### 2.1. План семинарского занятия

1. Естественная радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Способы регистрации заряженных частиц.
2. Строение атомного ядра. Открытие нейтрона. Дефект массы, энергия связи и устойчивость атомных ядер.
3. Ядерные силы. Альфа-распад. Бета-распад, нейтрино. Гамма-излучение, позитрон.
4. Элементарные частицы. Частицы и античастицы. Основные свойства элементарных частиц и их классификация. Ядерные реакции.
5. Концепция образования Вселенной из элементарных частиц.

### 2.2. Теоретическое обоснование темы

В 1896 г. А. Беккерель, изучая явление люминесценции солей урана, установил, что если осветить соль урана солнечными лучами, а затем положить ее на завернутую в черную бумагу фотопластинку, то последняя темнеет под действием, как он полагал, лучей люминесценции. Но однажды Беккерель положил на фотопластинку соль урана, не осветив ее предварительно лучами солнца. Через несколько дней, проявив фотопластинку, он обнаружил на ней отпечаток куска урановой руды.

Проводя подобные опыты с солями урана, Беккерель пришел к выводу, что соль испускает лучи неизвестного типа, которые проходят через бумагу, дерево, тонкие металлические пластинки.

Лучи, открытые Беккерелем, назвали *радиоактивными* (от латинского «радиус» – луч).



Сейчас под *радиоактивностью* понимают явление самопроизвольного превращения атомных ядер неустойчивых изотопов в устойчивые, сопровождающееся испусканием частиц и энергии.

При изучении радиоактивности возникает вопрос: по какому закону происходит распад радиоактивных элементов? Опыты показывают, что с течением времени число радиоактивных атомов должно уменьшаться. Для одних элементов это уменьшение идет очень быстро – в течение минут или даже секунд, для других на это требуются миллиарды лет. Было установлено, что распад ядер – явление случайное. Вероятность распада каждого отдельного атома за секунду времени называют постоянной радиационного распада  $\lambda$ .

Если в начальный момент времени  $t = 0$  имеется  $N_0$  радиоактивных атомов, то в момент времени  $t$  число оставшихся радиоактивных атомов

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}, \quad (2.1)$$

где  $e \approx 2,72$  – основание натурального логарифма. Выражение (2.1) называется *законом радиоактивного распада*.

*Периодом полураспада* называют время  $T_{1/2}$ , по истечении которого начальное число атомов  $N_0$  радиоактивного вещества уменьшится вдвое. Если  $t = T_{1/2}$ , то  $N = N_0 / 2$ , и тогда

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda = 0,693 / \lambda \quad (2.2)$$

Период полураспада постоянен для каждого изотопа. Величину  $\tau = 1 / \lambda$  называют *средним временем жизни изотопа*. Она не зависит от внешних условий, а определяется лишь свойствами атомного ядра.

## **Строение атомного ядра**

Проводя количественные измерения ионизации воздуха ураном М. Склодовская-Кюри открыла новый элемент радий. Интенсивность излучения радия в сотни тысяч раз превышает активность урана. Вопрос происхождения радиоактивности давал ключ к пониманию строения не только атомов, но и их ядер. Было очевидно, что излучение содержит три компонента – альфа-, бета- и гамма-лучи.

Э. Резерфорд и Фредерик Содди (1877–1956 г.) занимаясь радиоактивностью в 1902 г. установили, что радиоактивные атомы подвержены спонтанному распаду, и получили закон такого распада, связав радиоактивные превращения с уже известными видами естественной радиоактивности – альфа-, бета- и гамма-лучами: при испускании альфа-лучей образуется новый элемент, стоящий в периодической системе элементов Менделеева на две клетки левее, а при бета-распаде – на одну клетку

правее. Резерфорд получил за эти работы Нобелевскую премию по химии (1908 г.).

В 1921–1922 г. Резерфорд и Дж. Чедвик (1891-1974 г.) осуществили первую ядерную реакцию с искусственным превращением элемента. Результатом этих реакций явилась частица с массой протона без заряда, названная *нейтроном*. За это открытие Чедвик стал Лауреатом Нобелевской премии по физике (1935 г.). Следует отметить, что Резерфорд предсказал существование нейтронов в 1921 г. Изучая новые элементы радиоактивного распада Содди доказал, что существуют элементы с одной массой, но разными зарядами – это есть изотопы. В 1921 г. Содди становится лауреатом Нобелевской премии по химии.

Русским физиком Д.Д. Иваненко и немецким ученым В. Гейзенбергом в 1932 г. была предложена протон-нейтронная модель, согласно которой ядро любого химического элемента состоит из двух видов элементарных частиц: протонов (p) и нейтронов (n), которые впоследствии назвали *нуклонами*.

Протоны имеют положительный заряд, равный по модулю заряду электрона. Нейтроны электрически нейтральны. Масса протона в 1846 раз больше массы электрона. Масса нейтрона больше массы протона на 2,5 массы электрона. Массы нейтрона  $m_n$  и протона  $m_p$  в углеродной шкале атомных единиц (а.е.м.) равны  $m_n = 1,008665012$  а.е.м.,  $m_p = 1,007276470$  а.е.м.

Протон и нейтрон относятся к классу фермионов – частиц, имеющих полуцелый спин. Количество протонов в ядре определяет заряд ядра  $+Ze$ . Значение  $Z$  совпадает с атомным номером элемента в периодической таблице Менделеева (*зарядовое число*). Общее число нуклонов в ядре называют *массовым числом  $A$  ядра*:  $A = N + Z$ .

Введем понятие энергии связи отдельного нуклона в ядре, то есть удельной энергии связи  $\Delta E_{уд}$ . Это величина, равная работе, которую нужно совершить для удаления нуклона из ядра. Полная энергия связи ядра определяется работой, которую нужно совершить для расщепления ядра на составляющие его нуклоны. Полную энергию связи ядра характеризует величина  $\Delta m$ , называемая дефектом масс. Под дефектом масс понимают разность между суммой масс протонов и нейтронов, находящихся в свободном состоянии, и массой составленного из него ядра. Если ядро массой  $M_я$  образовано из  $Z$  протонов и из  $(A-Z)$  нейтронов, то

$$\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - M_я \quad (2.3)$$

Наличие дефекта массы показывает, что для полного расщепления ядра на нуклоны нужно затратить энергию

$$\Delta E_{св} = \Delta m \cdot c^2 \quad (2.4)$$

Величину  $\Delta E_{\text{св}}$  называют энергией связи (полной энергией связи). Она является непосредственной мерой устойчивости ядра.

В ядерной физике для вычисления энергии принимают атомную единицу энергии (а.е.э.) – величину, соответствующую энергии одной атомной единицы массы:

$$1 \text{ а.е.э.} = 1 \text{ с}^2 \cdot 1 \text{ а.е.м.} = 9 \cdot 10^{16} \text{ м}^2/\text{с}^2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,5 \cdot 10^{-10} \text{ Дж} = 931,1 \text{ МэВ.}$$

Соотношение (2.3) практически не нарушится, если заменить массу притона  $m_p$  массой атома водорода  $m_H$ , а массу ядра  $m_y$  массой атома  $m_a$ . Действительно, если пренебречь сравнительно ничтожной энергией связи электронов с ядрами, указанная замена будет означать добавление к уменьшаемому и вычитаемому одинаковой величины, равной  $Z \cdot m_e$ . Итак, формуле (2.3) можно придать вид

$$\Delta m = Z \cdot m_H + (A - Z) \cdot m_n - m_a \quad (2.5)$$

Последняя формула удобнее, так как в таблицах обычно даются не массы ядер, а массы атомов.

Взаимодействие между нуклонами в ядре является примером *слабых взаимодействий – взаимодействий через ядерные силы*.

Ядерные силы обладают рядом отличительных свойств:

- 1) они являются силами притяжения;
- 2) это короткодействующие силы, их действие проявляется на расстоянии порядка  $10^{-15}$  м. На расстояниях, существенно меньших  $10^{-15}$  м, притяжение нуклонов сменяется отталкиванием;
- 3) ядерные силы обладают свойствами *зарядовой независимости*: ядерные силы, действующие между протоном и нейтроном, между двумя протонами или между двумя нейтронами, одинаковы;
- 4) ядерные силы *не являются центральными*, как, например, силы гравитационные и кулоновские. Их нельзя представить направленными вдоль прямой, соединяющей центры взаимодействующих нуклонов;
- 5) ядерные силы обладают свойством насыщения (это означает, что каждый нуклон в ядре взаимодействует с ограниченным числом нуклонов).

Следствием этого свойства является почти линейная зависимость энергии связи от массового числа  $A$ . Если бы насыщения не было, то каждый нуклон в ядре взаимодействовал бы с  $(A - 1)$  нуклонами и энергия связи была бы пропорциональна числу пар нуклонов в ядре, то есть  $A^2$ . Кроме того, удельная энергия связи нуклонов в ядре при увеличении числа нуклонов остается примерно постоянной.

Ядерные силы детально не изучены до настоящего времени. Законченной теории ядерных сил нет, но предполагается, что «чистых» протонов и нейтронов в ядре нет, есть ядерное вещество, которое может

существовать в двух состояниях – иметь положительный заряд или не иметь заряда. Согласно гипотезе, которую высказал в 1935 г. японский физик Х. Юкава, в ядрах протоны и нейтроны с чудовищной быстротой как бы обмениваются частицами, которые обладают массой в 200–300 раз большей, чем электрон. Позднее эти частицы назвали  $\pi$ -мезонами. Строение нуклона в настоящее время представляется следующим: в центре нуклона находится ядро-кern, радиус которого  $\approx 0,3 \cdot 10^{-15}$  м. Kern окружен «облаком», состоящим из мезонов. Носителями ядерных сил являются  $\pi$ -мезоны: существует положительный  $\pi^+$ , отрицательный  $\pi^-$  и нейтральный  $\pi^0$ -мезоны.

Если ранее были смутные представления об ядре атома, то после открытия нейтрона, квантово-механической теории альфа-распада созданной молодым советским физиком Г.А. Гаммовым (1904–1968 г.). В 1928 г. вопрос о строении ядра вновь стал обсуждаться.

В 1936 г. Паули и итальянский физик Ферми (1901–1951 г.) выдвинули теорию бета-распада, основанную на предположении, что в ядре превращения нейтрона в протон с одновременным испусканием электрона и нейтрино (обладает собственным моментом вращения, или спином, равным  $\frac{1}{2}$ ).

### **Концепция возникновения Вселенной из элементарных частиц**

Космические лучи, открытые в 1907 году привлекли внимание астрономов и геофизиков. Они вызывают первичную ионизацию воздуха, которая изменялась (увеличивалась) с высотой в атмосфере и в глубинах водоёмов.

Скобельцев Д.В. (1892–1990 г.) основатель советской школы по физике атомного ядра и космических лучей в 1932 г. установил, что ионизация создаётся быстрыми бета-лучами при энергиях 200 МэВ. При облучении ядер элементов жесткими гамма-квантами зафиксировали рождение пар электрон-позитрон. Так материя гамма-кванта переходила в материю электрона и позитрона. Затем обнаружили превращение пары электрон-позитрон в два гамма-кванта. Образование позитрона было обнаружено при взаимодействии с ядрами альфа-частиц и нейтронов. Так стало известно о существовании *античастиц*.

Современные астрономические наблюдения свидетельствуют о том, что началом Вселенной (приблизительно десять миллиардов лет назад) был гигантский огненный шар, раскалённый и плотный. Его состав весьма прост. Этот огненный шар был настолько раскалён, что состоял лишь из свободных элементарных частиц, которые стремительно двигались, сталкиваясь друг с другом.

На протяжении десяти миллиардов лет после «большого взрыва» простейшее бесформенное вещество постепенно превращалось в атомы, молекулы, кристаллы, породы, планеты. Рождались звезды, системы, состоящие из огромного количества элементарных частиц с весьма простой организацией. На некоторых планетах могли возникнуть формы жизни.

Тот момент, с которого Вселенная начала расширяться, принято считать ее Началом. Тогда началась первая и полная драматизма эра в истории Вселенной, ее называют "*большим взрывом*" или английским термином *Big Bang*.

Под расширением Вселенной подразумевается такой процесс, когда то же самое количество элементарных частиц и фотонов занимают постоянно возрастающий объём. Средняя плотность Вселенной в результате расширения постепенно понижается. Из этого следует, что в прошлом плотность Вселенной была больше, чем в настоящее время. Можно предположить, что в глубокой древности (примерно десять миллиардов лет назад) плотность Вселенной была очень большой. Кроме того, высокой должна была быть и температура, настолько высокой, что плотность излучения превышала плотность вещества. Иначе говоря, энергия всех фотонов, содержащихся в 1 куб. см, была больше суммы общей энергии частиц, содержащихся в 1 куб. см. На самом раннем этапе, в первые мгновения «*большого взрыва*», вся материя была сильно раскаленной и густой смесью частиц, античастиц и высокоэнергичных гамма-фотонов. Частицы при столкновении с соответствующими античастицами аннигилировали, но возникающие гамма-фотоны моментально материализовались в частицы и *античастицы*.

Подробный анализ показывает, что температура вещества  $T$  понижалась во времени в соответствии с простым соотношением:

$$T = \frac{10^{10}}{\sqrt{t}} (K).$$

Зависимость температуры  $T$  от времени  $t$  дает нам возможность определить, что, например, в момент, когда возраст Вселенной исчислялся всего одной десятитысячной секунды, её температура представляла один биллион Кельвинов.

Со временем энергия фотонов понижалась, и как только она упала ниже произведения энергии частицы и античастицы ( $2m_0 c^2$ ), фотоны уже не способны были обеспечить возникновение частиц и античастиц с массой  $m_0$ .

Согласно тому, как материализация в результате понижающейся температуры раскаленного вещества приостановилась, эволюцию Вселенной принято разделять на четыре эры: адронную, лептонную, фотонную и звездную.

**Адронная эра.** При очень высоких температурах и плотности в самом начале существования Вселенной материя состояла из элементарных частиц. Вещество на самом раннем этапе состояло, прежде всего, из адронов, и поэтому ранняя эра эволюции Вселенной называется адронной, несмотря на то, что в то время существовали и лептоны.

Через миллионную долю секунды с момента рождения Вселенной температура  $T$  упала на 10 миллиардов Кельвинов (1013К). Средняя кинетическая энергия частиц  $kT$  и фотонов  $h\nu$  составляла около миллиарда эВ (103МэВ), что соответствует энергии покоя барионов. В первую миллионную долю секунды эволюции Вселенной происходила материализация всех барионов неограниченно, так же, как и аннигиляция. Но по прошествии этого времени материализация барионов прекратилась, так как при температуре ниже 1013 К фотоны не обладали уже достаточной энергией для ее осуществления. Процесс аннигиляции барионов и антибарионов продолжался до тех пор, пока давление излучения не отделило вещество от антивещества.

Нестабильные гипероны (самые тяжелые из барионов) в процессе самопроизвольного распада превратились в самые легкие из барионов (протоны и нейтроны). Так, во Вселенной исчезла самая большая группа барионов – гипероны. Нейтроны могли дальше распадаться в протоны, которые далее не распадались, иначе бы нарушился закон сохранения барионного заряда. Распад гиперонов происходил на этапе с  $10^{-6}$  до  $10^{-4}$  секунды.

К моменту, когда возраст Вселенной достиг одной десятитысячной секунды ( $10^{-4}$  с), температура ее понизилась до  $10^{12}$  К, а энергия частиц и фотонов представляла лишь 100 Мэв. Ее не хватало уже для возникновения самых легких адронов – пионов. Пионы, существовавшие ранее, распадались, а новые не могли возникнуть. Это означает, что к тому моменту, когда возраст Вселенной достиг  $10^{-4}$  с, в ней исчезли все мезоны.

**Лептонная эра.** Когда энергия частиц и фотонов понизилась в пределах от 100 Мэв до 1 Мэв, в веществе было много лептонов. Температура была достаточно высокой, чтобы обеспечить интенсивное возникновение электронов, позитронов и нейтрино. Барионы (протоны и нейтроны), пережившие адронную эру, стали по сравнению с лептонами и фотонами встречаться гораздо реже.

Лептонная эра начинается с распада последних адронов – пионов – в мюоны и мюонное нейтрино, а кончается через несколько секунд при температуре  $10^{10}$  К, когда энергия фотонов уменьшилась до 1 Мэв и материализация электронов и позитронов прекратилась. Во время этого этапа начинается независимое существование электронного и мюонного нейтрино, которые мы называем «реликтовыми».

**Фотонная эра, или эра излучения.** На смену лептонной эры пришла эра излучения. Как только температура Вселенной понизилась до  $10^{10}$  К, а энергия гамма-фотонов достигла 1 Мэв, произошла *только* аннигиляция электронов и позитронов. Новые электронно-позитронные пары не могли возникать вследствие материализации потому, что фотоны не обладали достаточной энергией. Но аннигиляция электронов и позитронов продолжалась дальше, пока давление излучения полностью не отделило вещество от антивещества. Со времени адронной и лептонной эры Вселенная была заполнена фотонами. К концу лептонной эры фотонов было в два миллиарда раз больше, чем протонов и электронов.

Так выглядела Вселенная в возрасте примерно 300 000 лет. Расстояния в тот период были в тысячу раз короче, чем в настоящее время.

«Большой взрыв» продолжался сравнительно недолго, всего лишь одну тридцатитысячную нынешнего возраста Вселенной. Несмотря на краткость срока, это всё же была самая славная эра Вселенной. Никогда после этого эволюция Вселенной не была столь стремительна как в самом её начале, во время «большого взрыва». Все события во Вселенной в тот период касались свободных элементарных частиц, их превращений, рождения, распада, аннигиляции. Не следует забывать, что в столь короткое время (всего лишь несколько секунд) из богатого разнообразия видов элементарных частиц исчезли почти все: одни путем *аннигиляции* (превращение в гамма-фотоны), иные путем распада на самые легкие барионы (протоны) и на самые легкие заряженные лептоны (электроны).

После «большого взрыва» наступила продолжительная эра вещества, эпоха преобладания частиц.

С возникновением атомов водорода начинается звездная эра – эра частиц, точнее говоря, эра протонов и электронов.

Вселенная вступает в звездную эру в форме водородного газа с огромным количеством световых и ультрафиолетовых фотонов. Водородный газ расширялся в различных частях Вселенной с разной скоростью. Неодинаковой была также и его плотность. Он образовывал огромные сгустки во много миллионов световых лет. Масса таких космических водородных сгустков была в сотни тысяч, а то и в миллионы раз больше, чем масса нашей теперешней Галактики. Расширение газа внутри сгустков шло медленнее, чем расширение разреженного водорода между самими сгущениями. Позднее из отдельных участков с помощью собственного притяжения образовались сверхгалактики и скопления галактик.

Доказательства в пользу модели расширяющейся Вселенной были получены в 1926 г., когда американский астроном Э. Хаббл открыл при исследовании спектров далеких галактик *красное смещение* спектраль-

ных линий, что было истолковано как следствие эффекта Доплера. Суть эффекта Доплера заключается в изменении частоты колебаний или длины волны из-за движения источника излучения и наблюдателя по отношению друг к другу. Скорость удаления галактик друг от друга возрастает с расстоянием до них. Эйнштейн при работе над ОТО (1905–1915 г.) не знал о красном смещении в спектрах и разбегании галактик, поэтому он исходил из идеи стационарности Вселенной. Уравнения, полученные Эйнштейном, были детально исследованы американским астрономом де Ситтером и советским физиком А. Фридманом, который разработал три сценария развития Вселенной в 1922 г. О Фридмане говорят, что он «на кончике пера» открыл *разбегание галактик*. Открытия гравитационного красного смещения через несколько лет (1926 г.) подтвердили догадки о нестационарности развития, о расширении Вселенной. Вскоре было доказано, что своеобразие релятивистской космологии вовсе не связано с теорией Эйнштейна, а обусловлено космологической постановкой проблемы.

В 1948 г. Г. Гамов произвел необходимые расчеты развития событий для получения нужных соотношений между химическими элементами во Вселенной сейчас из ядерных реакций и в ранней горячей Вселенной, доказывая идею модели горячей Вселенной, которую назвал «космологией Большого взрыва». Теория получила подтверждение после открытия фонового излучения, которое осталось со времени Большого взрыва и названо *реликтовым*. Используя данные, полученные в мире элементарных частиц, космологи пытаются подобраться к самому Началу, к моменту начала расширения Вселенной.

### **2.3. Контрольные вопросы**

1. В чем заключается явление радиоактивности?
2. Какова природа радиоактивного излучения?
3. Запишите закон радиоактивного распада.
4. Что называют периодом полураспада?
5. Расскажите о модели ядра.
6. Дайте характеристику ядерным силам.
7. Что такое космическое излучение?
8. Какие частицы называются элементарными?
9. Расскажите о взаимном превращении вещества и поля.
10. Какие классы частиц вы знаете?
11. Что понимают под искусственной радиоактивностью?
12. Расскажите о получении и применении радиоактивных изотопов.



13. Какое биологическое воздействие оказывает радиоактивное излучение на живой организм?
14. Какие модели зарождения Вселенной вы знаете?
15. Расскажите о концепции возникновения Вселенной из элементарных частиц.
16. Объясните явление Доплера.
17. Сформулируйте закон Хаббла.
18. Какие теории подтверждают Big Bang?
19. Что вы понимаете под Метагалактикой?
20. Как называется наша галактика и что она из себя представляет?

## Глава 3

# КОНЦЕПЦИЯ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ

---

---

### 3.1. План семинарского занятия

1. Основные свойства пространства.
2. Основные свойства времени.
3. Пространство и время в теории относительности Эйнштейна.
4. В чем проявляется однородность и изотропность пространства?
5. Пространство и время в физике микромира.
6. Пространственно-временные представления квантовой механики.
7. Прерывность и непрерывность пространства и времени в физике микромира. Проблема макроscopicности пространства и времени в микромире.
8. Системы отсчета. Инерциальные системы отсчета.
9. Преобразования Галилея. Преобразования Лоренца.

### 3.2. Теоретическое обоснование темы

Любой физический процесс протекает в пространстве и во времени. Это видно хотя бы из того, что во всех областях физических явлений каждый закон явно или неявно содержит пространственно-временные величины – расстояния и промежутки времени.

Расстояния измеряются масштабами, основным свойством которых является то, что два однажды совпавших по длине масштаба всегда остаются равными друг другу, то есть при каждом последующем наложении совпадают. Промежутки времени измеряются часами, причем роль последних может выполнять любая система, совершающая повторяющийся процесс. В механистической картине мира понятие пространства и времени вне связи со свойствами движущейся материи. В механике

рассматриваются лишь обратимые процессы, что значительно упрощает действительность.

Основной чертой представлений классической механики о размерах тел и промежутках времени является их абсолютность: масштаб имеет всегда одну и ту же длину независимо от того, как он движется относительно наблюдателя. Двое часов, имеющих одинаковый ход и приведенных однажды в соответствие друг с другом, показывают одно и то же время независимо от того, как они движутся.

### **Принцип относительности в классической механике**

Впервые этот принцип был установлен Галилеем, но окончательную формулировку получил лишь в механике Ньютона. Для понимания его нам придется ввести понятие *системы отсчета*, или *координат*.

Пространство является «плоским» или евклидовым, т.е. удовлетворяет геометрии Евклида. Для определения положения в пространстве Рене Декарт (1596–1650 г.) ввел прямоугольную систему координат –  $x$ ,  $y$ ,  $z$  («декартовы координаты»).

Исаак Ньютон (1643–1727 г.) открыл новые свойства пространства, а именно способность динамически действовать на материальные тела. Равномерные движения у Ньютона относительны, а ускорения – абсолютны. Причины, вызывающие ускорения движения, он назвал силами. Ускорение приводит к возникновению *сил инерции*.

Для полного задания положения точки недостаточно указания лишь одного расстояния, опыт показывает, что для определения положения некоторой точки по отношению ко всем остальным необходимо задание трех расстояний. Это свойство пространства носит название *трехмерности*.

Изучая характер движения тел, можно установить, что свойства пространства одинаковы в различных точках, а в каждой точке одинаковы во всех направлениях, то есть пространство *однородно и изотропно*. Из тех же эмпирических законов движения следует, что различные моменты времени эквивалентны друг другу, то есть время *однородно*.

Уравнения движения связывают между собой состояния механической системы в различные моменты времени.

Как уже отмечалось, для изучения физических явлений необходимо располагать некоторой системой отсчета. Можно взять любую из бесчисленного множества как угодно движущихся относительно друг друга систем отсчета. Однако законы природы в различных системах отсчета имеют различный вид. Если взять произвольную систему отсчета, то может оказаться, что даже законы совсем простых явлений будут выглядеть в ней весьма сложно. Естественно, возникает задача отыскания

такой системы отсчета, в которой законы природы выглядели бы возможно более просто; такая система отсчета наиболее удобна для описания физических явлений. Среди систем отсчета особо выделяют *инерциальные системы*, которые находятся относительно друг друга либо в покое, либо в прямолинейном равномерном движении. Особая роль инерциальных систем отсчета заключается в том, что для них выполняется принцип относительности: *во всех инерциальных системах все механические процессы описываются одинаковым образом.*

В инерциальной системе отсчета все направления физически эквивалентны и различные точки пространства по своим физическим свойствам одинаковы.

В соответствии с принципом относительности уравнения, выражающие законы природы должны оставаться неизменными, или, как говорят, инвариантными во всех инерциальных системах отсчета. Другими словами, уравнение, описывающее некоторое явление, будучи выражено через координаты и время в различных инерциальных системах отсчета, должно иметь один и тот же вид. Однако законы пространственно-временных преобразований при переходе от одних инерциальных систем отсчета к другим, зависят от свойств пространства, времени и движения.

Указанные свойства инерциальных систем отсчета приводят к тому, что свободное движение материальной точки в этих системах совершается с постоянной скоростью. Этот результат известен под названием *закона инерции*. В частности, как мы и предполагали ранее, если в некоторый момент времени скорость материальной точки равна нулю, то она будет оставаться в покое неограниченно долго.

Если мы рассмотрим систему отсчета, движущуюся относительно инерциальной системы произвольным образом, то она, вообще говоря, уже не будет инерциальной системой. Отсюда не следует, однако, что существует только одна инерциальная система отсчета. Легко видеть, что таких систем существует бесчисленное множество, причем все инерциальные системы отсчета совершают друг относительно друга равномерное и прямолинейное движение.

В 1905г. А. Эйнштейн (1879–1905 г.) предложил совершенно новую теорию пространства и времени СТО (**специальную теорию относительности**). Основу этой теории составляют два постулата 1) скорость света в вакууме постоянна и не зависит от движения наблюдателя или источника света; 2) все физические явления (механические и электрические) происходят одинаково во всех телах, движущихся относительно друг друга прямолинейно и равномерно. Принятие этих принципов означало изменение длин и времен в соответствии с преобразованиями Х. Лоренца(1853–1928 г.) для тел, движущихся со скоростями близкими к скорости света. Время и пространство объединяются в 4х-мерное пространство – время.

Специальная теория относительности возникла из электродинамики и значительно упростила вывод законов и уменьшила количество независимых гипотез, лежащих в ее основе. Однако, чтобы стать согласованной с постулатами специальной теории относительности, классическая механика нуждается в некоторых изменениях. Эти изменения касаются в основном законов быстрых движений, скорость которых сравнима со скоростью света. В земных условиях мы встречаемся со скоростями значительно меньшими скорости света, и поэтому поправки, которые требует вносить теория относительности, имеют крайне малую величину, и ими можно пренебречь.

В 1916 г. А. Эйнштейн включил СТО в свою общую теорию относительности (ОТО), или *обобщенную теорию тяготения*. Свойства пространства и времени в его теории определяются распределением и движением материи в пространстве. При наличии пространства тяготеющих масс, а следовательно и поля тяготения, пространство искривляется, становится неевклидовым.

Вопрос о трехмерности пространства в нашем восприятии и связи его с законом тяготения интересовал ученых со времен Канта.

В 1917 г. П. Эренфест, исследуя этот вопрос, указал, что закон «обратных квадратов» обусловлен трехмерностью пространства. При  $n$  неравным трем не существовало бы Солнечной системы и устойчивых орбит в атомах, т.е. не было бы химических процессов в жизни. В 1955 г. Математик Г. Дж. Уитроу заключил, что поскольку живым организмам необходимы передача и обработка информации, то высшие формы жизни не могут существовать в пространстве четной размерности.

## **О времени**

Понимание времени, увлекающее мир в непрерывное движение получило четкое определение, начиная от Гераклита (530–470 до н.э.), Платона (428–347 до н.э.). Первая физическая теория времени дана И. Ньютоном, который время ставит первой величиной. Ньютоново отношение ко времени сохранилось и в СТО Эйнштейна, называемой «неклассической», которая заменила пространство и время Ньютона на пространство- время Г. Минковского (1864–1909). (Пространственно – временной континуум). Механика теории относительности носит название *релятивистской*.

Направленность времени, связанная с эволюцией систем, в физических картинах мира следует из второго начала термодинамики. Долгое время ее считали иллюзией, тем более, что дарвинский естественный отбор казался противоречивым термодинамике. Направленность времени, определяющая принципы причинности, отличает временные координаты от пространственных.

В современной картине мира в основу положены необратимые процессы, и поэтому возможно единообразное описание живой и неживой природы.

Можно заглянуть в прошлое нашей планеты по периоду полураспада радиоактивных элементов. Меньшие промежутки времени, связанные с расстояниями в микромире измеряют через скорость света.

### **3.3. Контрольные вопросы**

1. Сформулируйте преобразования Лоренца.
2. Сформулируйте постулаты Эйнштейна.
3. Что означает лоренцево сокращение длины?
4. Что означает замедление течения времени?
5. В чем заключается парадокс близнецов?
6. Как изменяется масса в зависимости от скорости?
7. В чем суть общей теории относительности?
8. В чем заключается принцип эквивалентности?
9. Что такое гравитационное красное смещение?
10. Что такое гравитационные волны?
11. Основные свойства пространства и времени.
12. Что выражают законы инерции?
13. Какие системы называют инерциальными системами отсчета?
14. Дайте определение понятия «время». Поясните эволюцию этого понятия.
15. Дайте определение понятия «пространства». Сравните как оно понимается в разных науках.
16. Обоснуйте связь второго закона термодинамики с направленностью времени.
17. Оцените конечность и бесконечность пространства и времени.
18. Оцените диапазоны временных интервалов

## Глава 4

# ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В ПРИРОДЕ И ПРИНЦИПЫ СИММЕТРИИ

---

---

### 4.1. План семинарского занятия

1. Закон сохранения энергии. Механическая, тепловая, внутренняя энергия системы. Понятие замкнутости системы. Энергия химической связи. Фотосинтез. Энергия взаимодействия нуклонов, кварков в адронах.
2. Закон сохранения импульса, момента импульса.
3. Законы сохранения в микромире. Специфические законы сохранения в теории элементарных частиц. Внутренний момент импульса элементарной частицы.
4. Закон сохранения заряда. Закон сохранения барионов.
5. Закон сохранения в термодинамических процессах.
6. Понятие энтропии. Необратимые процессы в природе.

### 4.2. Теоретическое обоснование темы

Любое тело (или совокупность тел) представляет собой, по существу, систему материальных точек, или частиц. Если система с течением времени изменяется, то говорят, что изменяется ее состояние. Состояние системы характеризуется одновременным заданием положений (координат) и скоростей всех ее частиц. Зная законы действующих на частицы системы сил и состояние системы в некоторый начальный момент времени, можно, как показывает опыт, с помощью уравнений движения предсказать ее дальнейшее поведение, то есть найти состояние системы в любой момент времени. Так, например, решается задача о движении планет Солнечной системы. Однако детальное рассмотрение поведения системы с помощью уравнений движения часто бывает настолько затруднительно (например, из-за сложности самой системы), что довести

решение до конца представляется практически невозможным. А в тех случаях, когда законы действующих сил вообще неизвестны, такой подход оказывается в принципе неосуществимым. Кроме того, существует ряд задач, в которых детальное рассмотрение движения отдельных частиц просто и не имеет смысла (например газ). При таком положении естественно возникает вопрос: нет ли каких-либо общих принципов, являющихся следствием законов Ньютона, которые позволили бы иначе подойти к решению задач и помогли бы в какой-то степени обойти подобные трудности. Оказывается, такие принципы есть. Это так называемые законы сохранения.

Как уже было сказано, при движении системы ее состояние изменяется со временем. Существуют, однако, такие величины – функции состояния, которые обладают весьма важным и замечательным свойством сохраняться во времени. Среди этих сохраняющихся величин наиболее важную роль играют энергия, импульс и момент импульса. Эти три величины имеют важное общее *свойство аддитивности*: их значение для системы, состоящей из частей, взаимодействие которых пренебрежимо мало, равно сумме значений для каждой из частей в отдельности (впрочем, для импульса и момента импульса свойство аддитивности выполняется и при наличии взаимодействия). Именно свойство аддитивности и придает этим трем величинам особенно важную роль.

*Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса имеют, как выяснилось впоследствии, весьма глубокое происхождение, связанное с фундаментальными свойствами времени и пространства – однородностью и изотропностью. А именно: закон сохранения энергии связан с однородностью времени, а законы сохранения импульса и момента импульса – соответственно с однородностью и изотропностью пространства. Сказанное следует понимать в том смысле, что перечисленные законы сохранения можно получить из второго закона Ньютона, если к нему присоединить соответствующие свойства симметрии времени и пространства.*

Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса относятся к числу тех наиболее фундаментальных принципов физики, значение которых трудно переоценить. Роль этих законов особенно возросла после того, как выяснилось, что они далеко выходят за рамки механики и представляют собой универсальные законы природы. Во всяком случае, до сих пор не обнаружено ни одного явления, где бы эти законы нарушались. Они безошибочно «действуют» и в области элементарных частиц, и в области космических объектов, в физике атома и физике твердого тела и являются одними из немногих наиболее общих законов, которые лежат в основе современной физики.



## **Законы сохранения в термодинамических системах**

В 1841 г. немецкий врач Р. Майер (1815–1888 г.) и в 1843 г. английский ученый Дж. Джоуль независимо друг от друга пытались определить механический эквивалент теплоты. В 1847 г. немецкий физик Гельмгольц, развивая идею Майера, называет *энергией* некую величину, которая может переходить из одной формы в другую и которая не может быть ни создана, ни уничтожена. Так в физике появилась универсальная постоянная, имеющая свойство неразрушимости, участвующая во всех явлениях и определяющая форму существования материи. Вся физика 19 века покоится на 2-х различных сущностях – материи и энергии, подчиняющаяся каждой своему закону сохранения. В 1850 г. немецкий физик Р. Клаузиус (1822–1888 г.), исследуя принципы эквивалентности теплоты и работы и закона сохранения энергии, ввел понятие «внутренней энергии». Все количество тепла, подведенное к системе, идет на изменение ее внутренней энергии и на совершение системой работы. Теплота не может самопроизвольно переходить от более холодного тела к более нагретому. Все явления природы необратимы.

В 1865 г. Клаузиус ввел новую величину – *энтропию*, определив ее изменение в термодинамически необратимых процессах. *Энтропия изолированной системы всегда возрастает*. Смысл понятия энтропии лучше воспринимается при ее статистической интерпретации. Возрастание энтропии при необратимых процессах – следствие перехода системы к состоянию наиболее вероятному (равновесному).

## **Другие законы сохранения**

Закон сохранения заряда был установлен из обобщения опытных данных в 1813 г. английским физиком М. Фарадеем. Алгебраическая сумма зарядов любой замкнутой системы остается неизменной, какие бы процессы не проходили внутри этой системы.

Большую роль в физике элементарных частиц играют законы сохранения, устанавливающие равенство между определенными комбинациями величин, характеризующих начальное и конечное состояние системы. Арсенал законов сохранения в квантовой физике больше, чем в классической. Он пополнился законами сохранения различных четностей (пространственной, зарядовой), зарядов (лептонного, барионного и др.), внутренних симметрий, свойственных тому или иному типу взаимодействий.

Закон сохранения барионного числа (заряда). В замкнутой системе при всех процессах взаимопревращаемости элементарных частиц барионное число сохраняется.

Закон сохранения энергии в биологических системах получил название – *фотосинтеза*. Это превращение лучистой энергии Солнца в энергию химических связей органических веществ зеленых растений и фотосинтезирующих микроорганизмов. Происходит с участием поглощающих свет пигментов, прежде всего *хлорофилла*.

### **4.3. Контрольные вопросы**

1. Каким образом закон сохранения момента импульса объясняет наблюдаемую форму Галактик?
2. Как закон сохранения момента импульса отражается на движении планет Солнечной системы?
3. Что называется энергией? Какие виды энергии вы знаете?
4. Что называется потенциальной энергией? Как она определяется?
5. Что такое внутренняя энергия? Какие виды внутренней энергии вы знаете?
6. Что такое теплопередача? Каким образом она происходит?
7. Какова роль фотосинтеза в энергетике биосферы и ноосферы?
8. Что общего между различными процессами преобразования тепловой энергии в энергию механическую?
9. Определите зависимость законов сохранения со свойствами пространства и времени.
10. Определите связь тепловой энергии с термодинамическими характеристиками системы.
11. Сформулируйте первый закон термодинамики.
12. Поясните понятие температуры и количества тепла.
13. Какие шкалы температур вы знаете? Какова связь между ними?
14. Поясните понятие энтропии. Сформулируйте второе начало термодинамики.

## Глава 5

# ПОЛЕВАЯ ФОРМА МАТЕРИИ

---

---

### 5.1. План семинарского занятия

1. Четыре вида фундаментальных взаимодействий. Скалярные и векторные поля. Поля давлений, температур и скоростей.
2. Гравитационное поле. Закон всемирного тяготения.
3. Взаимодействия: дальное действие и близкое действие. Природа магнитного поля. Поле движущегося заряда. Магнитосфера – магнитный щит Земли.
4. Электромагнитное поле и его характеристики. Электромагнитные волны. Уравнения Максвелла. Шкала электромагнитных волн.
5. Поля ядерных сил. Различие между ядерными и дальнедействующими силами. Синтез и распад ядер, дефект масс.
7. Энергия поля. Виды энергии. Взаимодействия вещества и поля.
8. Звездная форма бытия материи.

### 5.2. Теоретическое обоснование темы

В классическом представлении различают два вида материи: *вещество* и *поле*. К первому из них относятся атомы, молекулы и все построенные из них тела, структура и форма которых весьма разнообразны. Поле – особая форма материи, иногда его называют физическим полем.

К настоящему времени известно несколько разновидностей полей: электромагнитное и гравитационное поля, поле ядерных сил, а также волновые (квантовые) поля, соответствующие различным элементарным частицам.

Среди 4-х видов фундаментальных взаимодействий – гравитационного, электромагнитного, сильного и слабого – электромагнитное взаи-

действие занимает первое место по широте и разнообразию проявлений.

В повседневной жизни и технике мы чаще всего встречаемся с различными видами электромагнитных взаимодействий: силы упругости, трения, силы наших мышц и мышц различных животных.

Долгое время считалось, что взаимодействие между телами может осуществляться через пустое пространство, которое не принимает участия в передаче взаимодействия. Такое предположение составляет сущность *концепции дальнего действия*. (Механистическая картина мира – МКМ).

Со временем было доказано, что взаимодействие электрически заряженных тел осуществляется не мгновенно, и перемещение одной заряженной частицы приводит к изменению сил, действующих на другие частицы, не в тот же момент, а лишь спустя конечное время. Каждая электрически заряженная частица создает электромагнитное поле, действующее на другие заряженные частицы, то есть взаимодействие передается через «посредника» – электромагнитное поле.

Скорость распространения электромагнитного поля равна скорости света в пустоте – примерно 300 000 км/с. Это и составляет сущность новой концепции – *концепции ближнего действия*, которая распространяется не только на электромагнитное, но и на другие виды взаимодействий. Согласно концепции ближнего действия, взаимодействие между телами осуществляется посредством тех или иных полей, (например, тяготение-посредством гравитационного поля) непрерывно распределенных в пространстве (ЭМКМ).

Поле действует на тела с определенными силами. Однако не имеет смысла говорить о механических силах, действующих на поля. Поэтому с точки зрения полевого взаимодействия третий закон Ньютона может нарушаться: на тело действует сила, но нет силы противодействия, действующей на другое тело. Закон сохранения импульса, однако, остается верным, так как импульсом могут обладать не только тела, но и поля. Так при излучении тело теряет импульс, уносимый полем, при поглощении оно приобретает импульс за счет поглощенной энергии поля. Примером проявления импульса электромагнитного поля может служить давление света. Об этом будет сказано дальше.

В механике нам не придется сталкиваться с явлениями, в которых проявляются импульсы полей. Мы ограничиваемся изучением таких явлений, для которых третий закон Ньютона и закон сохранения импульса в их старом смысле выполнимы.

Математически поле определяется тем, что в каждой точке пространства, где оно имеется, задается некоторая пространственная функция: скалярная, векторная, тензорная или другая, которая в общем случае может изменяться со временем. Для большинства задач механики понятие поля – это только математическая абстракция, эффективный аппарат описания процессов. Но как будет видно из следующего содержания, в случае электромагнитных явлений поле представляет собой материальный объект, природную реальность. Это – электромагнитное поле.

В истории физики за последние 300 лет предложены, по крайней мере, четыре разные концепции «эфира»: абсолютное пространство Ньютона, светоносный эфир Гюйгенса, гравитационный эфир Эйнштейна и физический вакуум Дирака. Насколько оправдана интуиция физиков о существовании в природе особой среды – физического вакуума, покажет только будущее.

Почти столетие понадобилось для того, чтобы попытки установить количественную закономерность для электростатического взаимодействия увенчались успехом. В 1785 г. французский физик Ш.Кулон экспериментально нашел закон, носящий его имя. После этого результаты посыпались как из рога изобилия. Открытия Х.Эрстеда в 1820 г. магнитного свойства электрического тока, определение взаимодействия токов в этом же году А. Ампером, законы Ома, Джоуля – Ленца, работы английского физика М. Фарадея, внесли важнейший вклад в появлении теории электромагнетизма.

В 60-х годах XIX в. английский физик Дж. Максвелл развил теорию Фарадея об электромагнитном поле и создал теорию электромагнитного поля. Начатую работу Максвелл доводил и совершенствовал в течение двадцати лет. Это была первая теория поля. Она касается только электрического и магнитного полей и весьма успешно объясняет многие электромагнитные явления. Уравнения Максвелла не симметричны относительно электрического и магнитного полей. Это связано с тем, что в природе существуют электрические заряды, но нет зарядов магнитных.

В стационарном случае, когда электрическое и магнитное поля не изменяются во времени, источниками электрического поля являются заряды, а источниками магнитного – только токи проводимости. В данном случае электрическое и магнитное поля независимы друг от друга, что и позволяет изучать отдельно постоянные электрические и магнитные поля.

По существу, уравнения Максвелла содержат всего два новых штриха по сравнению с тем, что было известно до него: это представление о возникновении магнитного поля при изменениях электрического поля и запись соотношений электромагнетизма в дифференциальной форме, т.е. для бесконечно малых областей пространства и бесконечно малых промежутков времени. Но именно эти два штриха создали новую модель окружающего нас мира, включающую в себя электромагнитные процессы.

Уравнение Максвелла – наиболее общие уравнения для электрических и магнитных полей в покоящихся средах. В учении об электромагнетизме они играют такую же роль, как законы Ньютона в механике.

Из уравнений Максвелла следует, что переменное магнитное поле всегда связано с порождаемым им электрическим полем, а переменное электрическое поле связано с порождаемым им магнитным полем, то есть электрическое и магнитное поля неразрывно связаны друг с другом. Они образуют единое электромагнитное поле.

К электромагнитному полю применим только принцип относительности Эйнштейна, так как факт распространения электромагнитных волн в вакууме во всех системах отсчета с одинаковой скоростью не совместим с принципом относительности Галилея.

Уравнения Максвелла не сразу были достойно оценены современниками, правда, это продолжалось всего около десяти лет.

До Максвелла механическая форма движения материи считалась универсальной. Бесплодные усилия многих ученых были направлены на то, чтобы вписать электромагнетизм в механическую форму движения. Сейчас этого вопроса уже нет. Максвелл прожил всего 48 лет. Полученные им научные результаты органически вошли в фундамент научно-технической революции нашего времени. Уравнения Максвелла представляют собой точную математическую модель всего электромагнетизма. Через восемь лет после смерти Максвелла в 1887 г. Г. Герц экспериментально обнаружил электромагнитные волны в Берлинском университете. Источником возмущения электромагнитного поля в опыте Герца являлись электромагнитные колебания, возникающие в вибраторе.

Теория Максвелла, являясь обобщением основных законов электрических и магнитных явлений, не только смогла объяснить уже известные к тому времени экспериментальные факты, что также является важным ее следствием, но и предсказала новые явления. Так было предсказано существование *электромагнитных волн – переменного электромагнитного поля, распространяющегося в пространстве с конечной скоростью.*

В дальнейшем было доказано, что скорость распространения свободного электромагнитного поля (не связанного с зарядами и токами) в вакууме равна скорости света. Данный вывод и теоретическое исследование свойств электромагнитных волн привели Максвелла к созданию электромагнитной теории света, в соответствии с которой свет также представляет собой электромагнитные волны. Согласно электромагнитной теории Максвелла.

$$\frac{c}{v} = n = \sqrt{\epsilon\mu},$$

где  $c$  и  $v$  – соответственно скорости распространения света в вакууме и в среде с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  и магнитной проницаемостью  $\mu$ ;  $n$  – показатель преломления среды.

Данное соотношение связывает оптические, электрические и магнитные постоянные вещества. По Максвеллу,  $\epsilon$  и  $\mu$  – величины, не зависящие от длины волны света, поэтому электромагнитная теория не смогла объяснить явление дисперсии (зависимость показателя преломления от длины волны). Эта трудность была преодолена в конце XIX в. Х.А. Лоренцем (1853–1928), предложившим электронную теорию, согласно которой диэлектрическая проницаемость зависит от длины волны света. Теория Лоренца, основанная на предположении о колебаниях электронов внутри атома, позволила объяснить явления испускания и поглощения света веществом.

Световые волны занимают лишь небольшой интервал шкалы электромагнитных волн (табл. 1). Они охватывают диапазон от 380 до 770 нм ( $1\text{ нм} = 10^{-9}$  м).

Таблица 1

### Шкала электромагнитных волн

$10^3$ – $10^4$	$10^{-4}$ – $10^{-7}$	$8 \cdot 10^{-7}$ – $4 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-7}$ – $10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-9}$ – $6 \cdot 10^{-12}$	Меньше $6 \cdot 10^{-12}$
РВ	ИК	В	УФ	РЛ	$\gamma$
Радио-волны	Оптический диапазон			Рентгеновские лучи	$\gamma$ – лучи

Все окружающее нас пространство пронизано электромагнитным излучением. Солнце, окружающие нас тела, антенны радиостанций и телевизионных передатчиков испускают электромагнитные волны, ко-

торые в зависимости от частоты носят разные названия: радиоволны (РВ); инфракрасное излучение (ИК); видимый свет (В); рентгеновские лучи (РЛ); гамма-излучение ( $\gamma$ ).

В отличие от механических волн, которые распространяются в веществе – газе, жидкости или твердом теле, электромагнитные волны могут распространяться и в вакууме.

Электромагнитное излучение Солнца переносит на Землю его энергию, снабжая нас теплом и светом, необходимым для поддержания жизни. Учение о движении энергии было разработано русским физиком Н.А. Умовым (1852–1914 г.).

Через 11 лет английский физик Дж. Пойтинг представил аналогичные результаты. Поэтому плотность потока электромагнитной энергии называют вектором Умова-Пойтинга. В 1889 г. существование светового давления было обнаружено русским физиком П.Н. Лебедевым.

Волны бывают продольными и поперечными. Продольной волной является звук в воздухе, жидкости или в твердом теле. Вдоль направления распространения волны изменяются размеры элементов среды и давление в среде.

При поперечных волнах параметры среды изменяются в направлении перпендикулярном направлению распространения волны. Электромагнитные волны относятся к волнам поперечным. Векторы напряженности электрического поля и магнитной индукции лежат в плоскости, перпендикулярной к скорости распространения волны.

### **Магнитное поле Земли**

Из закона Био-Савара-Лапласа следует важный вывод – источником магнитного поля Земли являются движущиеся электрические заряды, то есть электрические токи. Знание этого закона позволило предположить, что магнитное поле Земли существует благодаря токам, протекающим в ее недрах.

В настоящее время установлено, что ядро Земли обладает высокой электропроводимостью. За счет градиента температур наблюдаются процессы перемещения вещества, что и обуславливает возникновение электрических токов. Эти токи являются постоянной составляющей магнитного поля Земли. Таким образом, в земном ядре работает своеобразный динамо-механизм (геомагнитное динамо), благодаря которому Земля представляет огромный магнит.

Наиболее существенны следующие дополнительные поля:

- 1) мировые материковые аномалии;



- 2) локальные магнитные аномалии;
- 3) пульсации магнитного поля Земли.

Вектор  $\vec{H}$  может быть разложен на две составляющие относительно горизонта поверхности Земли: горизонтальную составляющую  $\vec{H}_Г$  и вертикальную –  $\vec{H}_В$ .

Для практических целей очень важно знать горизонтальную составляющую вектора напряженности магнитного поля Земли  $\vec{H}_Г$ . Так, на магнитную стрелку компаса действует только горизонтальная составляющая  $\vec{H}_Г$ .

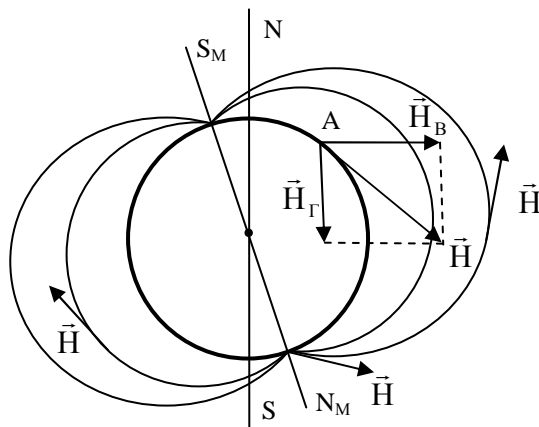


Рис. 1. Магнитное поле Земли

### 5.3. Контрольные вопросы

1. При каких условиях имеет смысл считать полями следующие величины:
  - а) распределение плотности вещества по объему Земли;
  - б) плотность населения в стране;
  - в) плотность населения в городских кварталах;
  - г) плотность звезд в галактике;
  - д) плотность воздуха в атмосфере.
2. Укажите, какие из полей будут скалярными и какие векторными.
3. Какие два вида материи противопоставляются друг другу в классической физике?
4. Приведите примеры продольных и поперечных волн.

5. Что представляет собой звук? Что такое спектральный состав звука?
6. Что представляет собой электромагнитная волна, излучаемая отдельной частицей?
7. Что является источником когерентного и поляризованного излучения?
8. По каким законам происходит распространение электромагнитных волн в среде с резкими неоднородностями?
9. В чем состоит эффект Доплера и где он применяется?
10. Какие типы полей вы знаете? Оцените их по значению силы.
11. Поясните спектр электромагнитного излучения.

## Глава 6

# КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ

---

---

### 6.1. План семинарского занятия

1. История развития представлений о природе света
2. Электромагнитная природа света.
3. Законы отражения и преломления света. Полное внутреннее отражение.
4. Интерференция и дифракция как волновые свойства света.
6. Дисперсия света. Виды спектров. Ультрафиолетовое и инфракрасное излучения. Спектр Солнца и звезд.
8. Квантовая гипотеза Планка. Фотоны. Внешний фотоэффект. Уравнение Эйнштейна. Давление света. Химическое действие света.
9. Понятие о корпускулярно-волновой природе света.

### 6.2. Теоретическое обоснование темы

Представление о воздействии света как о некотором объективном процессе впервые возникло в античный период. Термин «свет», применявшийся для обозначения этого процесса, действующего на глаз и вызывающего зрительные ощущения, получил в дальнейшем более широкий смысл. Оптика (от греческого «оптикас» – зрительный), как первоначально называлось учение о видимом свете, впоследствии стала учением о коротких электромагнитных волнах вообще.

С конца XVII века шла борьба между *корпускулярной* и *волновой* теориями света. Автором первой теории был И.Ньютон, считающий свет потоком корпускул (частиц), выбрасываемых светящимся телом, летящим в пространстве прямолинейно. С этим представлением хорошо согласовывались закон прямолинейного распространения света, законы отражения и преломления света.

Волновую теорию предложил современник Ньютона Х.Гюйгенс. Она основывалась на аналогии между световыми явлениями и волнами, наблюдаемыми на поверхности воды или какой-либо жидкости. Волновая теория Гюйгенса (подтверждающая явление дифракции) не признавалась еще почти 100 лет. Столь велик был авторитет Ньютона.

Только русские ученые М.В. Ломоносов Л.Эйлер поддерживали и развивали идеологию Г. Гюйгенса.

Лишь в 19-ом веке, когда на основе волновой теории были объяснены явления интерференции (Юнг, 1801 г.), поляризации и дифракции (Френель, 1818 г.). Опыты Майкельсона (1818 г.) и совместно с ним Морли (1887 г.) по определению скорости света на Земле не только доказали несостоятельность корпускулярной теории света, но и привели к пересмотру МКМ. А. Эйнштейн возвел принцип постоянства скорости света в ранг естественного закона, считая, что в вакууме это есть наибольшая скорость в природе.

Позже М. Фарадею удалось показать, что оптические явления не представляют собой изолированного класса процессов и что существует связь между оптическими и магнитными явлениями.

Наконец, теоретические исследования Дж. Максвелла (1865 г.) показали, что изменения электрического и магнитного полей не локализованы в пространстве, а распространяются со скоростью, равной скорости света.

Итак, по Максвеллу, свет – *электромагнитная волна*, распространяющаяся в среде со скоростью

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}},$$

где  $c$  – скорость света,  $\epsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость;

$\mu$  – относительная магнитная проницаемость.

По определению, показатель преломления среды:

$$n = c / v = \sqrt{\epsilon\mu}.$$

Это соотношение связывает оптические, электрические и магнитные характеристики вещества. Однако из него не следует зависимость показателя преломления от длины световой волны (это явление названо дисперсией света).

Объяснение дисперсии было сделано Г.А. Лоренцем, создавшим *электронную* теорию света. Однако и она не могла объяснить некоторые опытные факты. Эти затруднения были объяснены *квантовой теорией света*, выдвинутой М. Планком. Квантовую теорию света в

дальнейшем в своих трудах развивали А. Эйнштейн, Н. Бор, В. Гейзенберг, Э. Шредингер, П. Дирак и др.

Под светом в настоящее время понимают электромагнитное излучение, воспринимаемое человеческим глазом. Длина световых волн лежит в интервале от 0,38 до 0,76 мкм. В физике часто светом называют и невидимые электромагнитные волны, лежащие за пределами этого интервала: от 0,01 до 340 мкм.

Максвелл показал, что:

- а) свет имеет электромагнитную природу;
- б) электромагнитные волны поперечны;
- в) могут распространяться как в среде, так и в вакууме.

Скорость света в вакууме больше, чем в других средах и не зависит от скорости источника.

Скорость света в вакууме  $c = (299\,992,5 \pm 0,4) \times 10^3$  м/с.

Корпускулярно-волновой дуализм – проявление в поведении одного и того же объекта как корпускулярных, так и волновых свойств.

С давних пор высказывались предположения о связи теплового излучения и света. Так в 1777 г. Ламберт показал, что тепловые лучи распространяются прямолинейно. Шведский химик К. Шееле изучал взаимодействие тепловых лучей с веществом, используя законы отражения и преломления.

В 1880 г. У. Гершель, исследуя равномерность распределения тепла по солнечному спектру, открыл инфракрасное излучение. Что излучение нагретых тел имеют непрерывный спектр доказал в 1852 г. немецкий физик Г. Кирхгоф. Он же вводит модель «абсолютно черного тела» изучение излучения которого, приводит к созданию квантовой теории.

Экспериментальные исследования излучения света нагретыми газами и парами показывали наличие строго специфического распределения спектральных линий для разных веществ, т.е. различных атомов. Расхождение результатов классической волновой теории Максвелла и эксперимента в конце 19 века получило название «ультрафиолетовой катастрофы». Эту проблему успешно разрешает М. Планк немецкий физик в 1900 г., выдвигая гипотезу о дискретности излучения. Световые кванты можно рассматривать как реальные микрочастицы – фотоны, из которых состоит электромагнитное излучение.

Скорость фотона во всех системах отсчета равна скорости света в вакууме, а масса покоя фотона равна нулю. Фотон обладает импульсом. В 1887 г. Г. Герц обнаружил явление фотоэффекта, законы которого были изучены русским физиком А.Г. Столетовым. Количественные и качественные особенности фотоэффекта в рамках волновых представлений были необъяснимы. Свет, взаимодействуя с веществом и освобождая с его поверхности электроны, вел себя как поток неких частиц.

В 1905 г. А. Эйнштейн дал объяснение фотоэффекту, предположив, что электромагнитная волна есть сумма отдельных фотонов. Эйнштейн распространил квантовость не только на испускание и поглощение света, но и на само излучение. В 1917 г. Эйнштейн применил методы статистики к модели атома Бора и вывел формулу Планка для равновесного излучения. Так Эйнштейн впервые применяет вероятностное описание поведения микрообъекта. В 1922 г. Эйнштейн стал лауреатом Нобелевской премии по физике за объяснение фотоэффекта.

В 1912 г. М. Лауэ, ученик М. Планка исследовал рентгеновское излучение, пропуская его через кристаллическую решетку твердого тела. За открытие дифракции рентгеновских лучей Лауэ стал лауреатом Нобелевской премии по физике в 1912 г. В 1915 г. лауреатами Нобелевской премии становятся отец и сын Брэгги за связь периода кристаллической решетки и длиной волны рентгеновского излучения.

В 1917 г. Нобелевским лауреатом по физике стал Баркла за исследования, положившие начала рентгеноструктурной спектроскопии.

В 1918 г. Макс Планк за открытие кванта действия становится Нобелевским лауреатом по физике. Квант выступал по словам Нильса Бора как «возмутитель спокойствия», он принуждал к переосмыслению основ науки.

Излучения более высоких частот – гамма излучения испускаются атомными ядрами. Различные области спектра электромагнитного излучения исследованы различными методами, имеют разные названия и разные источники, но природа их едина, они отличаются только частотами.

### **6.3. Контрольные вопросы**

1. Какова природа света?
2. Какая существует зависимость между электрическими и магнитными свойствами среды и показателем преломления?
3. Как экспериментально была определена скорость света в вакууме?
4. Сформулируйте законы отражения света, преломления света.
5. Что называют интерференцией света?
6. Какие волны называют когерентными?
7. Что называют дифракцией света? При каких условиях она наблюдается?
8. Что называют дисперсией света?
9. Что такое спектр? Какие виды спектров вы знаете?
10. Расскажите об инфракрасном и ультрафиолетовом излучениях и их свойствах.

11. Сформулируйте гипотезу Планка. Что такое квант, чему равна его энергия?
12. Чему равна энергия, масса, импульс фотона?
13. Объясните уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.
14. Каково давление света на основании квантовой теории?
15. Что такое корпускулярно-волновой дуализм?
16. Какие явления подтверждают корпускулярные и волновые свойства света?

## Глава 7

# ТЕОРИЯ ПОРЯДКА И ХАОСА. ЭНТРОПИЯ И ИНФОРМАЦИЯ

---

---

### 7.1. План семинарского занятия

1. Обратимые и необратимые процессы для замкнутых и открытых систем.
2. Термодинамическая вероятность данного состояния.
3. Второе начало термодинамики. Вечный двигатель.
4. Энтропия, ее статистическое толкование.
5. Текущее равновесие и внутренняя релаксация. Самоорганизация.
6. Функция диссипации. Понятия «диссипативная система» и «диссипативная структура».
7. Информация. Какова её функция и природа?
8. Фазовое пространство и его примеры.

### 7.2. Теоретическое обоснование

В современной науке в основе представлений о строении материального мира лежит системный подход, согласно которому любой объект материального мира может быть рассмотрен как сложное образование, включающее в себя составные части, организованные в целостность. Для обозначения целостности объектов в науке было выработано понятие системы. Система представляет собой совокупность элементов и связей между ними. Понятие *элемент* означает минимальный, далее уже неделимый компонент в рамках системы. Элемент является таковым по отношению к данной системе, в других же отношениях он сам может представлять сложную систему. Совокупность связей между элементами образует структуру системы.

Природные объекты представляют собой упорядоченные структурированные иерархические организованные системы. В естественных нау-



ках выделяются два больших класса материальных систем: системы неживой природы и системы живой природы. В неживой природе в качестве структурных уровней организации материи выделяют элементарные частицы, атомы, молекулы, поля, физический вакуум, макроскопические тела, планеты, галактики и системы галактик – метagalaktiku.

В живой природе к структурным уровням организации материи относят системы до клеточного уровня – нуклеиновые кислоты и белки; клетки как особый уровень биологической организации; многоклеточные организмы растительного и животного мира; надорганизменные структуры, включающие в себя виды, популяции и биценозы и, наконец, биосферу как всю массу живого вещества.

В природе все взаимосвязано, поэтому можно выделить такие системы, которые включают в себя как элементы живой, так и неживой природы – биогеоценозы. Системы бывают *замкнутые* и *открытые*. Замкнутая система – эта система, которая не обменивается с окружающей средой ни энергией, ни веществом. Все остальные системы открытые. Все процессы, происходящие в этих системах, делятся на обратимые и необратимые. Обратимым называется процесс, который отвечает следующим условиям:

1. Его одинаково легко можно провести в двух противоположных направлениях.

2. В каждом из этих направлений система проходит через одни и те же промежуточные состояния.

3. После проведения прямого и обратного процесса система и окружающие ее тела возвращаются к исходному состоянию.

Примером обратимого процесса могут служить гармонические колебания маятника в вакууме при отсутствии трения. Но в реальных условиях невозможно избежать трения, как и достичь абсолютного вакуума, то есть исключить сопротивления среды. Не бывает абсолютно упругих столкновений. Таким образом, все *реальные процессы необратимы*.

В основе термодинамики лежат два закона, относящиеся к свойствам энергии и энтропии системы. Согласно первому закону энергия сохраняется в любых процессах. Возрастание внутренней энергии системы складывается из подведенной к системе теплоты и работы, совершенной над системой.

Энтропия  $S$  является аддитивной функцией состояния системы; она равна сумме энтропий ее подсистем. Если в систему поступает теплота при температуре  $T$ , то энтропия системы увеличивается на величину  $\frac{Q}{T}$ . Согласно второму закону термодинамики энтропия замкнутой системы может только оставаться неизменной или возрастать. Сохраняясь подобно энергии в обратимых процессах, энтропия возрастает в необратимых процессах. Тем самым с помощью энтропии задается направле-

ность процесса. Так, при передаче тепла от нагретого тела к холодному изменение энтропии положительно.

Тепловая энергия переходит от нагретого тела к более холодному.

Энергия любого вида, выработанная для производства полезной работы, в конечном счете диссипирует, рассеивается в виде тепла. Диссипация – неизбежный переход энергии в менее работоспособную форму – сопровождает любой реальный термодинамический процесс. И рано или поздно изолированная система приходит в состояние равновесия, соответствующее максимальному значению энтропии. Поэтому с точки зрения классической термодинамики существование мира носит эпизодический характер гигантской флуктуации. Мир имеет свое начало и неизбежно заканчивается хаосом, «тепловой смертью».

Диссипативные структуры могут образовываться только в открытых системах. Только в них возможен приток энергии, компенсирующий потери за счет диссипации и обеспечивающий существование более упорядоченных состояний.

Диссипативные структуры возникают в макроскопических системах, то есть в системах, состоящих из большого числа элементов (атомов, молекул, макромолекул, клеток и т.д.). Благодаря этому возможны коллективные, синергетические, взаимодействия, необходимые для перестройки системы.

Для возникновения диссипативных структур нелинейные уравнения должны при определенных значениях управляющих параметров допускать изменение симметрии решения. Такое изменение выражается, например, в переходе от молекулярного теплопереноса к конвективному переносу по ячейкам Бенара. В 1900 г. Х. Бенар привел классический пример возникновения упорядоченной структуры при нагревании ртутной пленки до критической температуры.

Открытые системы, в которых наблюдается прирост энтропии, получили название диссипативных. В таких системах энергия упорядоченного движения переходит в энергию неупорядоченного хаотического, то есть тепло. Если замкнутую систему вывести из состояния равновесия, то в ней начнутся процессы, возвращающие ее к состоянию равновесия, в котором ее энтропия достигает максимального значения. Со временем степень неравновесности будет уменьшаться, однако в любой момент времени ситуация будет неравновесной. В случае открытых систем отток энтропии наружу может уравновесить ее рост в самой системе. В этих условиях может возникнуть и поддерживаться стационарное состояние. Такое состояние Берталанфи назвал текущим равновесием. По своим характеристикам текущее равновесие может быть равновесным состоянием. В этом случае производство энтропии минимально.

Принцип локального равновесия и теорема о минимуме производства энтропии в равновесных состояниях была положена в основу термодинамики необратимых процессов, а их автор. Илья Пригожин стал лауреатом Нобелевской премии по химии за 1997 г. Если же отток энтропии превышает ее внутреннее производство, то возникают и разрастаются до макроскопического уровня крупномасштабные флуктуации. При определенных условиях в системе начинает *происходить самоорганизация – создание упорядоченных структур из хаоса*. Эти структуры могут последовательно переходить во все более сложные состояния. Такие образования в диссипативных системах Илья Пригожин назвал диссипативными структурами. Образование этих структур происходит не из-за внешнего воздействия, а за счет внутренней перестройки системы, поэтому это явление получило название *самоорганизации*. Для описания процессов самоорганизации уже нельзя пользоваться представлениями линейной термодинамики необратимых процессов. Процессы самоорганизации описываются *нелинейными уравнениями для макроскопических функций*.

Оказалось, что под действием крупномасштабных флуктуаций возникают коллективные формы движения, называемые модами, между которыми возникает конкуренция, происходит отбор наиболее устойчивых из них, что и приводит к спонтанному возникновению макроскопических структур. Приведем примеры самоорганизующихся систем: 1) конвекционные ячейки Бенара; 2) переход к турбулентности в течение жидкости или газа; 3) химические реакции типа Белоусова – Жаботинского; 4) переход лазера в режим генерации.

Известный немецкий физик Герман Хакен подчеркивал роль коллективного поведения подсистем, образующих систему, и потому ввел для процессов самоорганизации обобщающее название – «синергетика», что в переводе с греческого языка означает сотрудничество, совместное действие. Синергетика не самостоятельная научная дисциплина, но новое междисциплинарное научное направление. Синергетика родилась на базе термодинамики и статистической физики. В основе теории открытых систем лежат фундаментальные физические законы. Объектом синергетики могут быть не любые системы, а только те, которые отвечают как минимум двум условиям. Прежде всего, они должны быть: открытыми, то есть обмениваться веществом или энергией с внешней средой; и существенно неравновесными, или находиться в состоянии, далеком от термодинамического равновесия. Но именно такими является большинство известных нам систем.

Сложнее обстоит дело с Вселенной в целом. Если считать Вселенную открытой системой то, что может служить ее внешней средой? Современная физика полагает, для существующей Вселенной такой средой является вакуум.

***Что такое информация, какова её функция  
и на чем основывается понимание её природы?***

Информацией называются определенные сведения об объекте, событии или явлении. Функция информации состоит в направлении определенных процессов, ведущих, как правило, к самоорганизации. Обладание информацией позволяет осуществлять ту или иную деятельность.

Понимание природы позволяет создавать информацию, манипулировать ею, извлекать из неё какие-то выводы.

***Количественные характеристики информации.***

***Каким свойством, отличающим её от других физических величин, обладает информация?***

Информацию, получаемую объектом контроля (исследования), передаваемую по каналам связи, обкатываемую и воспроизводимую приборами, можно определить количественно. Количественная характеристика информации не зависит от ее физического содержания, от физической природы сигналов, ее передающих, и от способа реализации приборов. В результате приема получателем сообщения о контролируемом или изучаемом объекте, явлении, событии у него уменьшается степень неопределенности сведений о них или степень неопределенности сложившегося у него образа изучаемого объекта. Имеются статистические характеристики этой степени неопределенности. Количеством информации, содержащимся в сообщении, считается разность значений двух степеней неопределенности: 1) до получения сообщения; 2) после получения сообщения.

При измерениях происходит отбор, передача, обработка и воспроизведение информации непрерывного характера, то есть количественных значений различных непрерывных физических величин. Но чтобы понять, каким образом оценивается количество информации при передаче непрерывных сообщений, необходимо оценить количество информации в дискретных сообщениях, то есть в сообщениях об отдельных событиях или дискретных состояниях объектов.

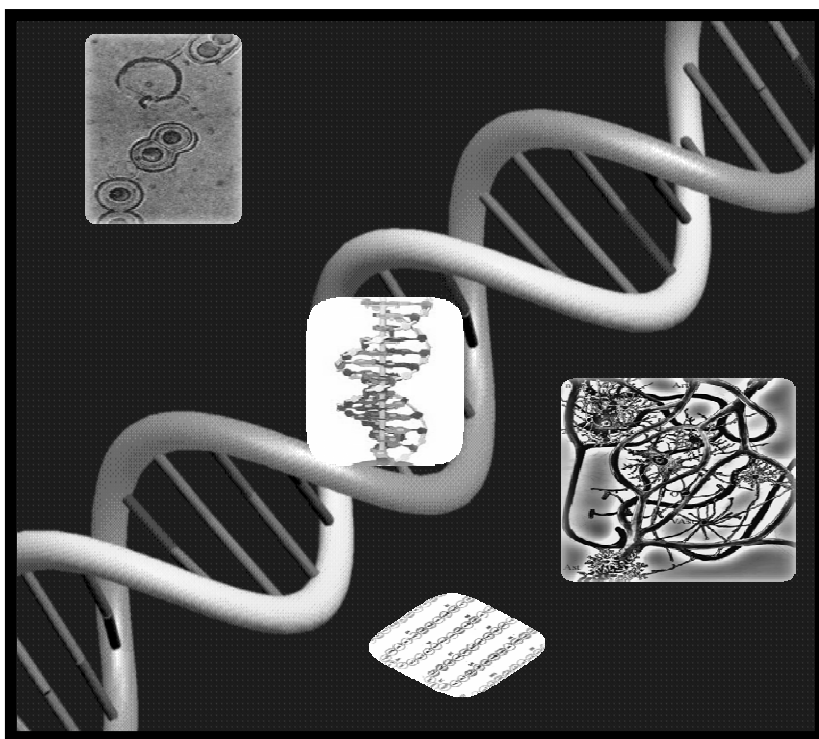
Информация может устаревать, что связано с самой ее природой. В этом случае ценность информации снижается или вовсе пропадает. Для того чтобы поддерживать информативность на постоянном уровне, необходим постоянный приток посторонней информации. Однако процесс устаревания информации необязателен.

### **7.3. Контрольные вопросы**

1. Дайте понятия обратимого и необратимого процесса.
2. Что такое термодинамическая вероятность?

3. Почему для практического анализа реальных процессов используют энтропию, а не термодинамическую вероятность?
4. Каким образом изменяется энтропия в замкнутых системах в зависимости от характера процессов? Приведите примеры.
5. Что понимается под вечным двигателем второго рода?
6. Какие системы могут находиться в высокоупорядоченном состоянии? Что является необходимым условием «самоорганизации»?
7. Чему соответствует состояние равновесия и каким образом оно может быть нарушено?
8. Поясните понятия: внутренняя релаксация, локальное равновесие, открытая система, текущее равновесие.
9. Какое явление называется самоорганизацией? Как оно описывается? Что означает термин «синергетика»?
10. Каким образом происходит переход от порядка к хаосу?
11. Что такое информация, какова ее функция и природа?

## Раздел II ЖИЗНЬ



# Глава 1

## ХИМИЯ ЖИЗНИ

---

---

### 1.1. План семинарского занятия

1. Общекосмический характер возникновения жизни.
2. Планетарная причина зарождения жизни.
3. Вода – необходимое условие возникновения жизни.
4. Метеориты.
5. Органические и неорганические соединения и их многообразие.
6. Нуклеосинтез в Солнечной системе.
7. Экспериментальные проверки условий зарождения жизни.
8. Теория самозарождения жизни.

### 1.2. Теоретическое обоснование темы

Проблема возникновения жизни на земле издавна не дает многим покоя. С тех пор, как человек начал задаваться вопросом, откуда произошло все живое, прошло много лет, и за все это время рассматривалось множество гипотез и предложений о зарождении жизни: религиозная теория, теория самозарождения, теория панспермии, теория вечного существования жизни.

Человек до сих пор не может до конца разгадать эту загадку. За основную теорию возникновения жизни, тем не менее, принимается теория, предложенная А.И. Опариным в первой половине XX века. Она основана на предложении о химической эволюции, которая постепенно переходит к биохимической, а затем – к биологической эволюции. Образование клетки явилось сложнейшим явлением. Но оно и положило начало развитию жизни и всему многообразию. Итак, с чего же все началось?

Жизнь заполняет все уголки нашей планеты. Океаны, моря, озера, реки, горы, равнины, пустыни, даже воздух населены живыми существ-

вами. Миллиарды лет жизнь шествует по Земле как уникальная самоорганизующая система. Она знала периоды расцвета, исторических испытаний и тяжелых кризисов, прежде чем достигла в наши дни своего великолепного богатства. Сегодня науке известно около 4,5 млн видов животных и растений. Предполагается, что за всю историю жизни на Земле существовало около 4,5 млрд видов животных и растений.

3 мая 1924 г. на собрании Русского ботанического общества молодой советский ученый А.И. Опарин с новой точки зрения рассмотрел проблему возникновения жизни. Его труд «О возникновении жизни» стал исходной точкой нового взгляда на вечную проблему «откуда мы пришли»? Пять лет спустя независимо от Опарина сходные идеи были развиты английским ученым Дж. Холдейном. Общим во взглядах Опарина и Холдейна является попытка объяснить возникновение жизни в результате химической эволюции на первичной Земле. Оба они подчеркивают огромную роль первичного океана как огромной химической лаборатории, в которой образовался «первичный бульон», а кроме того, и роль энзимов – органических молекул, которые многократно ускоряют нормальный ход химических процессов. В дополнение к этому Холдейн впервые высказывает идею, что первичная атмосфера на Земле, «вероятно, содержала очень мало или вообще не содержала кислорода».

Первое необходимое условие возникновения жизни имеет *общекосмический* характер. Оно связано с единой химической основой Вселенной. Жизнь развивается на этой единой основе, отражающей как количественные, так и качественные особенности отдельных химических элементов. Это допущение приводит к заключению, что на любой планете во Вселенной, которая похожа на нашу по массе и расположению относительно центральной звезды, может возникнуть жизнь. Согласно представлениям видного американского астронома Х. Шепли, во Вселенной имеется  $10^8$  космических тел (планет или звезд-лилипутов), на которых может возникнуть и существовать жизнь.

Главное условие возникновения жизни имеет планетарную причину и определяется массой планеты, то есть жизнь, подобная земной, могла возникнуть и развиваться на планете, масса которой имеет строго определенную величину. Если масса планеты больше, чем  $1/20$  массы Солнца, на ней начинаются интенсивные ядерные реакции, что повышает ее температуру, и она светится, как звезда.

Из планет Солнечной системы кроме Земли подходящую массу имеют Венера и Марс, но там отсутствуют другие условия.

Особенно важным условием возникновения жизни является *наличие воды*. Значение воды для жизни исключительно. Это обусловлено ее специфическими термическими особенностями: огромной теплоемко-



стью, слабой теплопроводностью, расширением при замерзании, хорошими свойствами как растворителя и др. Эти особенности обуславливают круговорот воды в природе, который играет очень важную роль в геологической истории Земли.

Сейчас имеются достаточно интересные сведения о наличии органических соединений во Вселенной. Источники этих сведений – естественные посланцы космоса на Землю, метеориты.

*Метеориты* – это малые космические тела, которые падают на Землю. Они являются осколками астероидов. Масса астероидов обычно превышает 50 кг. По составу различают каменные, железные и железно-каменные метеориты. По особенностям структуры и наличию сферических образований (хондр) некоторые каменные метеориты называются хондритами. Особый интерес представляют углистые хондриты, которые составляют 5% от общего числа метеоритов, ежегодно падающих на поверхность Земли. Этому есть две причины:

- вероятность того, что при их изучении будут получены данные о добиологической эволюции органических молекул;

- неясность происхождения ряда элементов их структуры – до последнего времени некоторые исследователи считали минеральные образования в хондритах фосфатизированными микроорганизмами.

Эти интересные объекты представляют собой не претерпевшие существенных изменений «обломки протосолнечной туманности». Они считаются первичными, поскольку образовались одновременно с Солнечной системой. Метеориты слишком малы, чтобы иметь собственную атмосферу, но по относительному содержанию нелетучих элементов углистые хондриты весьма сходны с Солнцем. Их минеральный состав свидетельствует о том, что они сформировались при низкой температуре и действию высоких температур никогда не подвергались. Они содержат до 20% воды (связанной в виде гидратов минералов) и до 10% органического вещества.

При исследовании двух метеоритов (первый упал в 1950 году возле Мори – шт. Кентукки, США, а второй в 1969 году у Мерчисона – шт. Виктория, Австралия) в их составе обнаружены отдельные аминокислоты – строительный материал белков живых организмов. В метеорите Мерчисон открыты и жирные кислоты, из которых построены жиры в животных тканях.

Из аминокислот идентифицированы глутаминовая кислота, пролин, глицин, саркозин, аланин, валин и 2-метилаланин, а из жирных кислот – 17 видов.

Жирные кислоты земных организмов имеют четное количество углеродных атомов, тогда как жирные кислоты с нечетным количеством

атомов углерода нехарактерны для живых тканей на Земле. При химических реакциях, которые осуществляются без участия живых существ или веществ биогенного происхождения, образуется приблизительно равное количество жирных кислот с четным и нечетным количеством атомов углерода. То же показывают и результаты анализа метеорита Мерчисон.

Имеются убедительные свидетельства в пользу того, что аминокислоты и углеводородные соединения в метеорите Мерчисон имеют явно эндогенное происхождение и не являются результатом внешнего загрязнения:

- преобладание глицина над другими аминокислотами;
- положительные величины показателя  $^{13}\text{C}$ ;
- наличие аминокислот, которые не свойственны белкам.

В период с 1968 по 1979 гг. с помощью радиоспектротрии были открыты органические молекулы в межзвездном пространстве, что, безусловно, пополнило наши знания об органической химии Вселенной. Были опубликованы первые сообщения об открытии воды, формальдегида и аммиака в отдельных областях нашей Галактики.

Гидроксил  $\text{OH}$ , формальдегид  $\text{H}_2\text{CO}$  – самые распространенные молекулы в межзвездной среде. Они обнаруживаются повсюду в Галактике, тогда как в отдельных межзвездных областях встречаются и другие соединения. В нашей Галактике существует около 3000 таких туманностей, плотность которых больше плотности межзвездной среды; молекулы здесь возникают чаще. Атомы углерода играют главную роль в образовании органических молекул, которые имеют в живых организмах основное значение.

При таком положении возникновение жизни выглядит неизбежным. В туманностях космического пространства звезд и планет возникают молекулы, которые приводят к формированию более сложных молекул аминокислот, жирных кислот, пуринов, пиримидинов и других главных составных элементов жизни.

*Теория химической эволюции* – современная теория происхождения жизни – опирается на идею самозарождения. Однако в основе ее лежит не внезапное возникновение живых существ на Земле, а образование химических соединений и систем, которые составляют живую материю. Она рассматривает химию древнейшей Земли, прежде всего химические реакции, протекавшие в примитивной атмосфере и в поверхностном слое воды, где, по всей вероятности, концентрировались легкие элементы, составляющие основу живой материи, и поглощалось огромное количество солнечной энергии. Эта теория пытается ответить на вопрос: каким образом в ту далекую эпоху могли самопроизвольно возникнуть и сформироваться в живую систему органические соединения?

Основные химические элементы, из которых построена жизнь, – это углерод, водород, кислород, азот, сера и фосфор. Очевидно, организмы используют для своего строения простейшие и наиболее распространенные во Вселенной элементы, что обусловлено самой природой этих элементов. Например, атомы водорода, углерода, кислорода и азота имеют небольшие размеры и способны образовывать устойчивые соединения с двух- и трехкратными связями, что повышает их реакционную способность. Образование сложных полимеров, без которых возникновение и развитие жизни вообще невозможны, связано со специфическими химическими особенностями углерода.

Другие два биогенных элемента – сера и фосфор – присутствуют в относительно малых количествах, но их роль для жизни особенно важна. Химические свойства этих элементов также дают возможность образования кратных химических связей. Сера входит в состав белков, а фосфор – составная часть нуклеиновых кислот.

Кроме этих шести основных химических элементов в построении организмов в малых количествах участвуют натрий, калий, магний, кальций, хлор, а также микроэлементы: железо, марганец, кобальт, медь, цинк и небольшие следы алюминия, бора, ванадия, йода и молибдена. Следует отметить и некоторые исключительно редкие атомы, которые встречаются случайно и в ничтожных количествах.

Следовательно, химическая основа жизни разнообразится еще 15 химическими элементами, которые вместе с шестью основными биогенными элементами участвуют в различных соотношениях в строении и осуществлении функций живых организмов. Этот факт особенно показателен в двух отношениях: 1) как доказательство единства происхождения жизни и 2) в том, что сама жизнь, являющаяся результатом самоорганизации материи, включила в эволюцию биологических макромолекул не только все самые распространенные элементы, но и все атомы, которые особенно пригодны для осуществления жизненных функций (например фосфор, железо, йод и др.). Не только структура, обмен веществ, но даже и механические действия живых организмов зависят от составляющих их молекул. Это, однако, не означает, что жизнь может быть сведена просто к химическим закономерностям.

Жизнь – одно из сложнейших, если не самое сложное явление природы. Для нее особенно характерны обмен веществ и воспроизведение, а особенности более высоких уровней ее самоорганизации обусловлены строением более низких уровней.

Современная теория происхождения жизни основана на идее о том, что биологические молекулы могли возникнуть в далеком геологическом прошлом неорганическим путем. Сложную химическую эволюцию

обычно выражают такой обобщенной схемой: *атомы* → *простые соединения* → *простые биоорганические соединения* → *макромолекулы* → *организованные системы*. Начало этой эволюции положено нуклеосинтезом в Солнечной системе, когда образовались основные элементы, в том числе и биогенные. Начальное состояние – нуклеосинтез – быстро переходит в процесс образования различных по сложности химических соединений. Этот процесс протекает в условиях первичной Земли со все нарастающей сложностью, обусловленной общекосмическими и конкретными планетарными предпосылками.

Издавна было известно, что химики могут синтезировать органические вещества, но идея постановки отдельных опытов по синтезу органических веществ путем воспроизведения условий первичной Земли представлялась не менее фантастичной, чем многие гипотезы. Разумеется, никто не считает, что можно точно воспроизвести условия гигантской естественной химической лаборатории, какой была Земля 4,5–5 млрд лет назад. Речь идет о приблизительном моделировании теоретически предполагаемых условий первичной Земли: бескислородная атмосфера, наличие исходных химических соединений – метана, воды, аммиака и источника (источников) энергии.

Первый целенаправленный опыт по синтезу органических молекул, пригодных для развития жизни, из предполагаемых исходных компонентов ранней земной атмосферы был проведен В. Гротом и Х. Зюссом в 1938 году. После облучения ультрафиолетовыми лучами газовой смеси  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  они получили формальдегид и глиоксаль. По мнению Грота и Зюсса, результаты этих опытов объясняют образование некоторых органических соединений, «которые, вероятно, были необходимой предпосылкой эволюции органической жизни».

Позже У. Харрисон, М. Кальвин и другие (1951 г.) подвергают экспериментальной проверке идеи Опарина и Холдейна. Они облучали  $\alpha$ -частицами водные растворы, содержащие ионы двухвалентного железа, которые находились в равновесии с газовой смесью двуокиси углерода и водорода. Получены формальдегид, муравьиная и янтарная кислоты.

В 1953 году Стэнли Миллер, аспирант-астрофизик знаменитого Г. Юри, в Чикагском университете проводит опыт, который позже был назван классическим. Газовая смесь метана, аммиака, водных паров и водорода (доступа свободного кислорода в колбу не было) подверглась Миллером воздействию сильных электрических разрядов, при этом получались аминокислоты, сахара и ряд других органических соединений. Огромное значение опыта Миллера состоит в доказательстве возможности неорганического пути образования белковоподобных молекул в условиях первичной Земли.

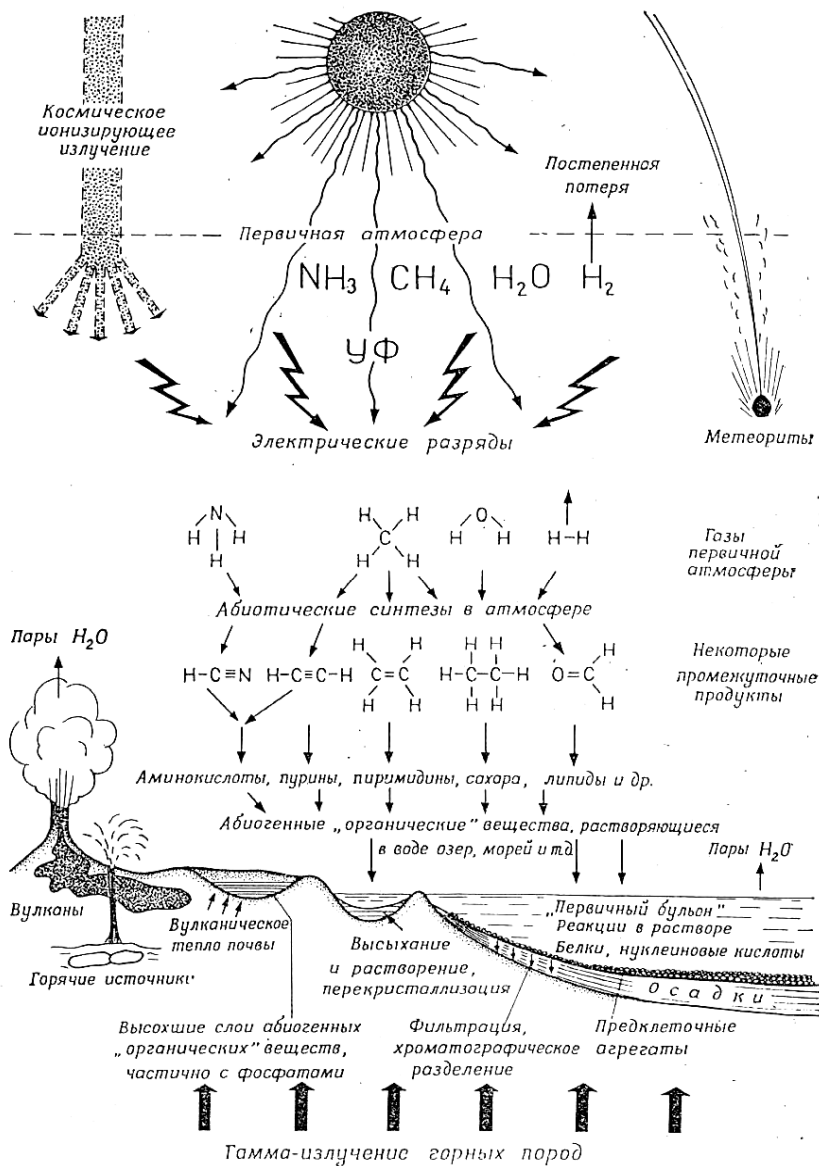


Рис. 1. Возможности химической эволюции на первобытной Земле

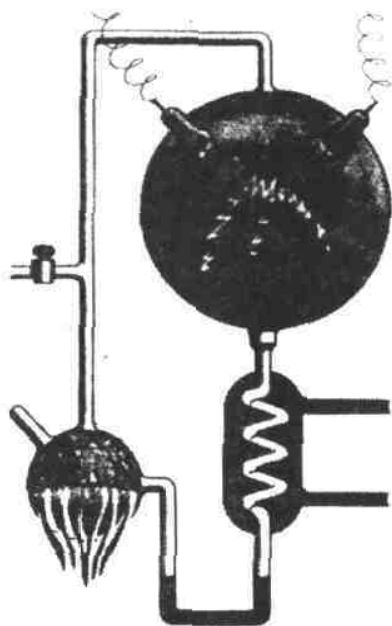


Рис. 2. Аппарат Миллера для синтеза органических веществ из смеси метана, аммиака и воды

В созданной им установке (рис. 2), снабженной источником энергии, ему удалось синтезировать многие вещества, имеющие важное биологическое значение, в том числе ряд аминокислот, аденин и простые сахара, такие как рибоза. В природе имеется более 100 различных аминокислот, 20 из них наиболее распространены. *Аминокислоты бывают в двух формах: одни молекулы имеют правую асимметрию, а другие – левую.* При случайном образовании (как в эксперименте Миллера) одна половина молекул имеет правую асимметрию, а другая половина – левую. А в живых организмах аминокислоты представлены только левыми формами.

Опыт Миллера обогатил науку и послужил сильным толчком к новым исследованиям. Т. Павловская и А. Паскинский в Институте биохимии АН СССР своими опытами и термодинамическими расчетами доказали возможность образования сложных органических веществ в условиях первичной Земли. А. Уилсон, добавляя серу к исходной смеси Миллера, получил крупные полимерные молекулы с 20 и более атомами углерода. С.Поннамперума использовал в опытах ультрафиолетовую лампу как источник энергии – ведь в условиях молодой Земли ультрафиолетовое излучение давало основную энергию. Поннамперума сумел

получить не только аминокислоты и пурины (строительные блоки соответственно для белков и нуклеиновых кислот), но и синтезировал эти молекулы в полимеры. С. Фокс из Института молекулярной эволюции в Майами синтезировал почти все аминокислоты, без которых жизнь была бы невозможна. Фокс «сварил» из аминокислот так называемые «термические протеноиды», близкие по составу к белкам. При этом протеноиды превратились в приготовленном Фоксом бульоне в тонкие капли, подобные коацерватам Опарина. Именно с таких образований началась, согласно Опарину, жизнь на Земле.

Список экспериментальных исследований очень велик. Основные их результаты показывают, что химическая эволюция – не плод досужего ума, а закономерный естественный процесс, который закладывает основы жизни.

### **1.3. Контрольные вопросы**

1. Объясните планетарную причинность зарождения жизни.
2. Почему считают, что жизнь возникла в воде?
3. Какие свойства воды необходимо учитывать при формировании в ней живых существ?
4. Как происходило формирование гидросферы и атмосферы?
5. Причины, обуславливающие процесс концентрации живых существ.
6. Почему метеориты являются предсказателями добиологической эволюции?
7. Какие химические элементы играют основную роль при образовании молекул жизни?
8. Назовите опыты по синтезу органических соединений, пригодных для развития жизни.

## Глава 2

# ЗЕМЛЯ – ПЛАНЕТА ЖИЗНИ

---

---

### 2.1. План семинарского занятия

1. Возникновение Солнечной системы.
2. Дрейф континентов.
3. Геологические периоды.
4. Теории возникновения жизни.
5. Положение Земли в Солнечной системе.
6. Чем отличается атмосфера Земли от других планет?
7. Образование и взаимодействие оболочек Земли.
8. Процесс гравитационной конденсации.
9. Физические характеристики планеты Земля.
10. Недра Земли. Влияние земной коры на зарождение жизни.
11. Рельеф земной поверхности.
12. Современные геофизические условия жизни.

### 2.2. Теоретическое обоснование темы

Проблема происхождения жизни – одна из наиболее сложных и интересных. Она связана с историей Солнечной системы и нашей планеты. Солнечная система возникла из газовой туманности, которая, сгустившись в результате самоорганизации, образовала Солнце и планеты. Наша Земля имеет возраст приблизительно 5 млрд лет.

Первоначально поверхность Земли имела температуру  $5-6 \cdot 10^3 \text{K}$  и представляла собой расплавленную лаву. Постепенно остывая, образовалась литосфера – твердая поверхность материков и морского дна. Атмосфера тоже была иной: легкие газы не удерживались притяжением и покидали ее. Состав первичной атмосферы зафиксирован в древних горных породах. Литосфера состоит из нескольких плит, плавающих на жидкой мантии — астеносфере. Это приводит к дрейфу континентов. Дрейф континентов имеет циклический характер с периодом 440 млн лет.



Для определения возраста горных пород и ископаемых остатков используют методы, основанные на радиоактивном распаде  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  (уран-свинцовый),  $^{87}\text{Rb}$  (рубидий-стронциевый),  $^{40}\text{K}$  (калий-аргоновый),  $^{147}\text{Sm}$  (самарий-неодимовый). А для определения возраста последних 60 тысяч лет используют радиоуглеродный метод, основанный на радиоактивном распаде  $^{14}\text{C}$ .

Первые признаки жизни — *ископаемые водоросли* — датируются 3400 млн лет назад. По всей видимости, к этому времени поверхность Земли уже достаточно остыла, чтобы водные пары могли сконденсироваться и образовать океаны, откуда и началась жизнь.

История Земли делится на геологические периоды (рис. 3). Временные границы геологических периодов соответствуют каким-либо выраженным изменениям климата Земли, что отражается в характере окаменелостей. Например, триасовый период характеризуется сухим и жарким климатом, что привело к образованию залежей окисленного (красного) песчаника. А в меловом периоде сформировались громадные отложения мела. Рамки кайнозойских периодов определяют по количеству ископаемых моллюсков в соседних горных породах.

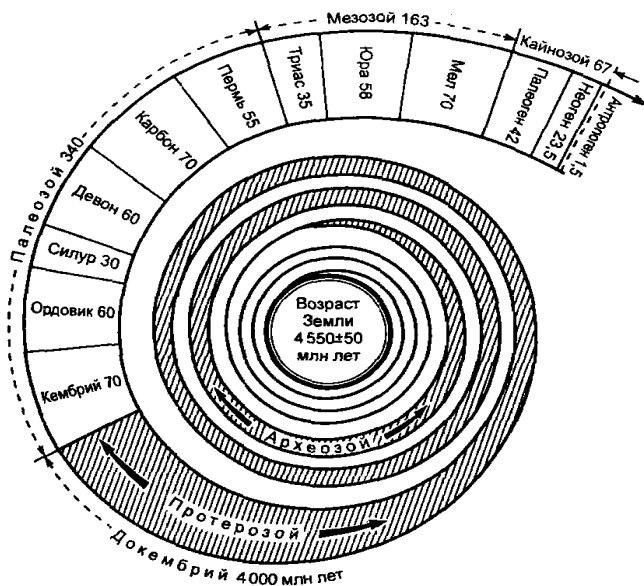


Рис. 3. Геохронологическая шкала истории Земли

Если история развития жизни на Земле за последние 4 млрд лет не вызывает принципиальных разногласий среди ученых, то вопросы про-

исхождения и эволюции жизни вызывают непрекращающиеся споры. Существуют три основных теории возникновения жизни на Земле. Рассмотрим их более подробно.

### **Креационизм**

Согласно этой теории жизнь — результат сверхъестественных, то есть нарушающих законы физики, событий в прошлом. В пользу неслучайного характера процесса развития жизни говорит и антропный принцип, сформулированный в 70-е годы прошлого столетия. Его сущность заключается в том, что даже незначительное отклонение значения любой из фундаментальных констант приводит к невозможности появления во Вселенной высокоупорядоченных структур. Например, увеличение постоянной Планка на 10% лишает протон возможности объединиться с нейтроном, то есть невозможен нуклеосинтез. А уменьшение постоянной Планка на 10% привело бы к образованию устойчивого ядра  ${}^2\text{He}$ , следствием чего явилось бы выгорание всего водорода на ранних стадиях расширения Вселенной. Наука столкнулась с большой группой фактов, раздельное рассмотрение которых создает впечатление о необъяснимых совпадениях, граничащих с чудом. Неслучайный характер значений фундаментальных констант может говорить о наличии «творческого замысла» с самого начала образования Вселенной, что подразумевает наличие Творца – автора этого замысла. По мнению ученого-физика Дж. Уилера, фактор, дающий жизнь, лежит в центре всего механизма и конструирует мир.

### **Панспермия**

Это гипотеза о возможности переноса жизни во Вселенной с одного космического тела на другое. Не предполагает никакого объяснения первичного возникновения жизни. Для объяснения своей теории ее сторонники ссылаются на случаи появления НЛО, а также данные, полученные американскими исследователями НАСА, об обнаружении следов микроорганизмов в метеорите предположительно марсианского происхождения, что было объявлено на пресс-конференции 7 августа 1996 года.

Идея панспермии была тщательно разработана в 1908 г. шведским химиком Сванте Аррениусом (1859–1927 г.). Развивая идеи Гельмгольца и Кельвина, он высказал несколько собственных соображений, предположив, что бактериальные споры и вирусы могут уноситься с планеты, где они существовали, под действием электростатических сил, а затем перемещаться в космическое пространство под давлением света звезд. Находясь в космическом пространстве, спора может осесть на частицу пыли; увеличив тем самым всю массу и преодолев давление света, она может попасть в окрестности ближайшей звезды и будет за-

хвачена одной из планет этой звезды. Таким образом, живая материя способна переноситься с планеты на планету, из одной звездной системы в другую.

## **Теория биохимической эволюции**

Согласно этой теории жизнь возникла в результате процессов, подчиняющихся химическим и физическим законам. По мнению А.И. Опарина, происхождению жизни и ее развитию предшествовал достаточно длительный период химической эволюции, а В.И. Вернадский считал, что жизнь появилась почти одновременно с появлением Земли, вернее, с появлением океанов на ней.

Согласно теории Опарина жизнь возникла в океане. Под действием интенсивной солнечной радиации там синтезировались органические вещества, образующие «первичный бульон», где в результате случайных процессов появилась жизнь.

Также следует отметить, что Земля является чрезвычайно малым модельным слепком присутствующего в космосе общего принципа существования и развития жизни как носительницы разума. И если мы воспользуемся земной моделью, то легко увидеть, что условия жизни на Земле варьируют от самых благоприятных (райских) в тропиках, на островах теплых морских просторов до жесточайших высоких широт. Между ними расположены умеренные пояса. Следовательно, крайние зоны не способствуют развитию разума по причине либо слишком комфортных, либо слишком жестких условий. Интеллектуальная работа наиболее интенсивно идет в средней зоне. Однако для оптимального развития разума необходимы жесткие внутренние противоречия – иначе развитие к высшим формам разума остановится. Отсюда нескончаемые конфликты, кровавые войны, болезни и т.п.

В солнечную систему входит 9 планет, их спутники, свыше 100 тысяч астероидов, множество комет и метеоритных тел. Расстояние от Солнца до наиболее удаленной планеты Плутон 6 млрд км. Различают планеты земной группы и планеты-гиганты. Планеты земной группы – Меркурий, Венера, Земля, Марс – сравнительно невелики и состоят из плотного вещества. Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон относятся к гигантам, они гораздо массивнее, но их плотность меньше.

Земля – это самая большая планета в своей группе. Но даже такие размеры и масса оказываются минимальными, при которых планета способна удерживать свою газовую атмосферу. Земля интенсивно теряет водород и некоторые другие легкие газы, что подтверждают наблюдения за так называемым шлейфом Земли. Венера почти равна по размерам и массе Земли, но она ближе к Солнцу и получает от него больше

тепла. Поэтому она давно потеряла весь свободный водород. Расстояние от Солнца до Земли 150 млн км, что составляет 107 его диаметров.

Все планеты, включая Землю, обращаются вокруг Солнца в одном направлении и приблизительно в одной плоскости. Законы, описывающие орбитальное движение планет, вывел И. Кеплер. Орбиты всех планет, будучи эллиптическими, имеют один общий фокус, находящийся в центре Солнца. Кроме поступательного движения планеты движутся по их эллиптическим орбитам вокруг Солнца, каждая из планет обращается вокруг собственной оси.

Земля и Марс вращаются почти с одинаковыми периодами около 24 ч. И только Земля в своей группе имеет сильное собственное магнитное поле, более чем на два порядка превосходящее значения магнитных полей у других планет.

Атмосфера Земли кардинально отличается от атмосферы других планет: в ней низкое содержание углекислого газа, высокое содержание молекулярного кислорода и относительно велико содержание паров воды. Две причины создают выделенность атмосферы Земли: вода океанов и морей хорошо поглощает углекислый газ, а биосфера насыщает атмосферу молекулярным кислородом, образующимся в процессе фотосинтеза.

В атмосфере Земли насыщенные водяные пары создают облачный слой, охватывающий значительную часть планеты. Облака Земли входят важнейшим элементом в круговорот воды, происходящий на нашей планете в системе гидросфера – атмосфера – суша.

Рельеф земной поверхности в целом характеризуется глобальной асимметрией двух полушарий (северного и южного); одно из них представляет гигантское пространство, заполненное водой. Это – океаны, занимающие более 70% всей поверхности. В другом полушарии сосредоточены поднятия коры, образующие континенты. Океаническая и континентальная разновидности коры различаются по возрасту, по химико-биологическому составу. Понятно, что рельеф океанического дна отличен от континентального рельефа.

В Солнечной системе только на Земле существуют развитые формы жизни, только на ней локальное упорядочение вещества достигло необычайной ступени, продолжая общую линию развития материи. Именно на Земле пройден сложнейший этап самоорганизации, знаменующий глубокий качественный скачок к высшим формам упорядоченности.

Как космическое тело Земля характеризуется следующими данными: объем  $10^{12}$  км<sup>3</sup>; экваториальный радиус Земли 6378 км, полярный – на 21 км меньше; масса  $6 \cdot 10^{21}$  тонн; средняя плотность 5,5 г/см<sup>3</sup>; общая плотность поверхности Земли 510 млн км<sup>2</sup>, из них 361 млн км<sup>2</sup> прихо-

дится на Мировой океан и 149 млн км<sup>2</sup> – на сушу; скорость вращения вокруг Солнца 30 км/сек.

Наша планета – не только единое естественное тело, но и самоорганизующаяся система, развитие которой инициируется противоборством двух фундаментальных природных тенденций – стремлением к разрушению упорядоченности и стремлением к образованию все более упорядоченных систем.

Пространство вокруг Земли заполнено магнитным полем и называется магнитосферой; внутри магнитосферы находятся радиационные пояса, в которых заряженные частицы захватываются магнитным полем. Земля защищена этими поясами от космических лучей, губительных для всего живого. Межпланетная среда, окружающая Землю, состоит из твердых тел разнообразных размеров, пылинок, атомов, молекул, элементарных частиц и т.д. Теперь же ко всему этому добавились искусственные спутники и другие объекты, занесенные в космос человеком.

Познание глубин Земли не менее сложно, чем изучение отдаленных областей Вселенной. Наиболее важные сведения о природе земных недр дает анализ сейсмических волн – механических колебаний, возникающих при землетрясениях и взрывах. Земные недра разделяются на три главные концентрически расположенные области: ядро, мантию и кору. Ядро и мантия подразделяются на дополнительные оболочки, различающиеся физико-химическими свойствами.

Центросфера или ядро Земли занимает центральную область земного геоида и разделяется на две части, оно расположено на глубине 1800 км. Внутреннее ядро находится в твердом состоянии, оно окружено внешним ядром, пребывающим в жидкой фазе. Между внутренним и внешним ядрами нет четкой границы, их разделяет переходная зона. Полагают, что внутреннее ядро состоит из 80% железа и 20% никеля. Этот сплав при давлении земных недр имеет температуру плавления порядка 4500°С. Внешнее ядро содержит 52% железа и 48% эвтектики (жидкая смесь твердых веществ), образованную железом и серой. Температура плавления такой смеси оценивается примерно 3200°С. Чтобы внутреннее ядро оставалось твердым, а внешнее жидким, температура в центре Земли не должна превышать 4500°С, но и не быть ниже 3200°С.

С жидким состоянием внешнего ядра связывают представления о природе земного магнетизма. Магнитное поле Земли изменчиво, из года в год меняется положение магнитных полюсов. Предполагают, что магнитное поле создается процессом, названным эффектом динамо-машины с самовозбуждением. Роль ротора (подвижного элемента) динамо может играть масса жидкого ядра, перемещающаяся при вращении Земли во-

круг своей оси, а система возбуждения образуется токами, создающими замкнутые петли внутри сферы ядра.

Самые верхние оболочки Земли – гидросфера и атмосфера – заметно отличаются от других оболочек, образующих твердое тело планеты. Гидросфера занимает 71% поверхности Земли, средняя соленость составляет 35 г/л, температура океанической поверхности от 3 до 32°C, солнечный свет проникает на глубину 200 м, а ультрафиолетовые лучи – на глубину до 800 м. Атмосфера – это внешняя газовая оболочка Земли, ее нижняя граница проходит по литосфере и гидросфере, а верхняя на высоте 1000 км. В атмосфере Земли, вес которой 5 300 000 млрд тонн, преобладает азот и кислород. В атмосфере различают тропосферу (двигающийся слой), стратосферу (слой над тропосферой) и ионосферу (верхний слой).

Земная кора дает опору жизни, но ее колебания становятся первые водные бассейны. Действительно, существуют некоторые гипотезы, согласно которым жизнь возникла не в водном бассейне, а на земной поверхности в пыли, образованной микрометеоритным “дождем”.

Жизнь, такая, как мы ее знаем, не могла возникнуть без свободной воды. Для живой материи необходима именно свободная, а не связанная в гидраты вода или лед, которые обнаруживаются в метеоритах или на других планетах.

Наличие воды в телах организмов указывает на ее огромное значение для жизненных процессов. Низшие организмы содержат 95–99% воды, а высшие – 75–80%. При уменьшении ее количества до определенного уровня наступает смерть.

Трудно описать состояние гидросферы в первые 100–200 миллионов лет существования Земли. По мнению многих, на молодой Земле было около одной десятой массы воды, содержащейся в современном океане. Остальные девять десятых образовались позже за счет дегазации внутренних частей Земли. Именно в результате выделения газа и пара из мантии сформировались гидросфера и атмосфера. В веществе мантии содержится 0,5% воды, но даже 10% этого количества достаточно для образования всего сегодняшнего объема океана. Вероятно, океанская вода с самого начала была соленой. При дегазации вещества мантии воды насыщались анионами хлора, брома и других элементов, а также  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ . Это создавало легкий кислотный характер праокеану, который нейтрализовался за счет щелочных компонентов, вызываемых дождями из базальтовой коры и выносившихся реками в океан. Это катионы натрия, магния, кальция, калия и других элементов.

Ранняя эволюция гидросферы (океаны, моря, континентальные бассейны) протекала при отсутствии газообразного кислорода. В этих ус-

ловиях и при наличии бескислородной атмосферы могли возникнуть только анаэробные организмы.

Научные данные все больше подтверждают, что жизнь возникла не в открытом океане, а в шельфовой зоне моря или в лагунах, где были наиболее благоприятные условия для концентрации органических молекул и образования сложных макромолекулярных тем.

### **Рассмотрим современные геофизические условия жизни на Земле**

В целом можно выделить несколько условий, при которых возможно существование жизни на Земле. Первое условие связано с уникальностью расположения Земли от Солнца. Проведенные расчеты свидетельствуют, что, если бы Земля находилась ближе к Солнцу лишь на 8 млн км, то процесс конденсации воды из атмосферы не мог бы произойти и образование океанов, в которых появились, как считается, первые формы жизни, стало бы возможным. В этом случае наша планета была бы окружена плотной атмосферой в основном из углекислого газа, покрыта плотным слоем облачности из взвешенных едких капелек. Такой сейчас является атмосфера планеты Венера. Расчеты также показывают, что лишь 1 градус (по Цельсию) отделял нашу Землю от полного обледенения. Находясь наша планета всего на 2 млн км дальше от солнца и интенсивный процесс образования ледников сделал бы развитие высших форм жизни невозможным.

Второе условие связано со скоростью движения нашей планеты. Известно, что Солнце притягивает свои спутники. Чтобы не упасть в пекло нашего центрального светила, они должны двигаться достаточно быстро, но не слишком быстро, т.к. их унесет от Солнца в межзвездное пространство. Поэтому каждому небесному телу, вращающемуся вокруг Солнца, необходимо уложиться в четкие границы между скоростью «падения» и скоростью «убегания». Так, для Земли космическая скорость меньше 3 км/с – это гибель в солнечном пламени, а скорость, превышающая 42 км/с, – прощание с Солнечной системой, вечный мрак и холод. Но как мы уже говорили выше, скорость вращения нашей планеты около 30 км/с, поэтому она далека от обеих крайностей и является промежуточной и самой надежной.

Третье условие. Горение – это сложный химический процесс, и он происходит далеко не при любых атмосферных условиях. Оказывается, если бы количество кислорода в атмосфере Земли было менее 15–18%, то процесс горения стал бы в ней просто невозможным. В этом случае «небесный огонь» во время грозы не мог бы поджечь не только дерево, но и совершенно сухую траву. С другой стороны, если бы концентрация

кислорода в земной атмосфере превышала величину 30–70%, то первый же случайный удар молнии мог привести к катастрофическим последствиям, поскольку в этом случае даже исключительно сырая древесина горела бы как порох. Результаты проведенных расчетов свидетельствуют, что и нормальное горение зависит, в частности, от общего атмосферного давления, от величины земного ускорения, силы тяжести и других параметров, определяющих процессы теплоотвода и, следовательно, устойчивости горения. Значит, развитие разума на нашей планете определялось не только эволюцией *Homo sapiens* как биологического вида, но и изменениями, которые претерпела Земля и ее атмосфера.

Четвертое условие. К настоящему времени однозначно установлено, что современная жизнь на нашей планете существует при наличии целого комплекса уникальных условий и параметров. Например, земная атмосфера состоит из смеси различных газов, которые на уровне моря по объему занимают: азот – 78%, кислород – 21%, аргон – 1%, углекислота – 0,03%. Остальные компоненты: водород, гелий, ксенон, криптон, метан, неон и другие составляют миллионные доли процента. Особенно важное значение имеют такие составляющие, как водяной пар и озон. Около 55% энергии солнечного излучения поглощается атмосферой и в дальнейшем, после целого ряда превращений, излучается в мировое пространство в инфракрасной области спектра.

Озонный пояс в верхних слоях атмосферы служит надежным щитом, сохраняющим все живое на планете от жесткого ультрафиолетового излучения Солнца. Кроме того, инфракрасное излучение Земли сильно поглощается водяным паром, углекислотой и озоном. Этот так называемый парниковый эффект также имеет огромное значение, без него средняя температура земной поверхности была бы на 40 градусов ниже и жизнь на Земле стала бы невозможной.

Условие пятое. Известно, что ход биологических реакций, составляющих суть жизнедеятельности любого организма, регулируют ферменты. Одни из них могут работать в широком интервале температур, другие требуют стабильности. Среди этих термических консерваторов ферменты, регулирующие дыхание, пищеварение, обмен веществ, т.е. ключевые процессы жизни. Природа распорядилась так, что максимальную эффективность эти ферменты проявляют чаще всего в интервале температур от 30 до 40 градусов. Если температура ниже, то они не действенные, если выше – разрушаются. Поэтому эта температура и считается нормой.

Приведенные выше факты ясно показывают, что на Земле созданы идеальные условия для развития жизни, и очень важно сохранить жизнь на нашей планете.



### **2.3. Контрольные вопросы**

1. Дайте планетарную характеристику Солнечной системы.
2. В чем разница атмосферы Земли от других планет?
3. Что представляет собой рельеф земной поверхности?
4. Какие теории происхождения Солнечной системы вы можете назвать?
5. Охарактеризуйте планету Земля, как космическое тело.
6. Что такое магнитосфера? Радиационные пояса?
7. Объясните строение недр Земли.
8. Какие существуют оболочки Земли и как они взаимодействуют?
9. Какова роль земной коры в происхождении жизни?
10. Определите геофизические условия жизни.

## Глава 3

# БИОХИМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

---

---

### 3.1. План семинарского занятия

1. Самоорганизация сложных молекулярных комплексов.
2. Образование молекул живых существ в воде.
3. Возникновение жизни в воздушной среде.
4. Эволюция флоры и фауны.
5. Нуклеосинтез. Биологическая роль нуклеиновых кислот.
6. Клетка как первокирпичик жизни.
7. Фотосинтез.
8. Биосинтез белка. Генетический код.

### 3.2. Теоретическое обоснование темы

Биохимическая эволюция начинается с момента образования земной коры, то есть около 4,5 млрд лет назад. Ее корни уходят в ранний космический этап химической эволюции. Находки древнейших молекулярных ископаемых возрастом 3,5–3,8 млрд лет показывают, что биохимическая эволюция, которая привела к образованию первой клетки, продолжалась около миллиарда лет. Образование клетки и было самым трудным на этом долгом пути.

Как уже отмечалось, исходный материал для биохимической эволюции был заготовлен раньше, на космическом этапе развития и в начале формирования первичных литосферы, гидросферы и атмосферы. Для этого имелось достаточно источников энергии: солнечное излучение, тепловая энергия земных недр, высокоэнергетическая радиация, электрические разряды (молнии и гром, при котором возникают сильные ударные волны). Вероятно, тогда же и возникли основы естественного отбора важных биохимических молекул.

*В неживой природе наблюдаются процессы образования высокоупорядоченных структур.* Кристаллы, например, демонстрируют высокую степень порядка и симметрии, что объясняется уменьшением энтропии за счет отдачи тепла в окружающее пространство, то есть при переходе энергии в более низкое качество. Молекулы живых существ обладают не только высокой степенью упорядоченности, организованности, но и аккумулируют в себе качественную химическую энергию. Поэтому молекулы живых существ не возникают спонтанно, для их образования требуется сложный механизм непрерывного и согласованного действия «нагревателя» и «холодильника» в соответствии со вторым началом термодинамики.

Вероятность того, что белковая молекула, состоящая из 100 аминокислот 20 видов, будет случайно сформирована по определенному образцу равна  $1/20^{100} \approx 1/10^{130}$ . Число, стоящее в знаменателе, слишком велико, чтобы его можно было охватить разумом. А ведь живая клетка – это комплекс взаимодействующих белков, липидов и нуклеотидов, образующих генетический код, без которого не мыслима жизнь. Только ферментов в простейшей клетке содержится более 2000 видов.

Сложные процессы химической эволюции, которая переходит в биологическую эволюцию, могут быть выражены в виде простой схемы: атомы → простые молекулы → сложные макромолекулы и ультрамолекулярные системы (пробионты) → одноклеточные организмы.

Более 3,5 млрд лет назад на дне мелководных, теплых и богатых питательными веществами морей, водоемов возникла жизнь в виде мельчайших примитивных существ. Первый период развития органического мира на Земле характеризуется тем, что первичные живые организмы были анаэробными (жили без кислорода), питались и воспроизводились за счет «органического бульона», возникшего из неорганических систем; иначе говоря, они питались готовыми органическими веществами, синтезированными в ходе химической революции, т.е. были гетеротрофами. Но это не могло длиться долго, ведь такой резерв органического вещества быстро убывал.

Первый качественный великий переворот в эволюции живой материи был связан с «энергетическим кризисом»: «органический бульон» был исчерпан и следовало выбирать способы формирования крупных молекул биохимическим путем, внутри клеток, с помощью ферментов. В этой ситуации было преимущество у тех клеток, которые могли получать большую часть необходимой им энергии непосредственно из солнечного излучения.

Такой переход вполне возможен, так как некоторые простые соединения обладают способностью поглощать свет, если они включают в

свой состав атомы магния (как в хлорофилле). Поглощенная таким образом световая энергия может быть использована для усиления реакции обмена, в частности, для образования органических соединений, которые могут сначала накапливаться, а затем расщепляться с высвобождением энергии.

На этом пути и шел процесс образования хлорофилла и *фотосинтеза*. Фотосинтез обеспечивает организму получение необходимой энергии от Солнца и вместе с тем независимость от внешних питательных веществ. Такие организмы называются автотрофными. Это значит, что их питание осуществляется внутренним путем благодаря световой энергии. При этом, разумеется, поглощаются из внешней среды и некоторые вещества – вода, углекислый газ, минеральные соединения.

Процесс фотосинтеза происходит в фотосинтезирующих клетках автотрофных организмов, к которым относятся зеленые растения, водоросли и некоторые бактерии. Зеленую окраску фотосинтезирующим клеткам придают хлоропласты из-за содержания в них пигмента хлорофилла. Хлорофилл кажется нам зеленым, потому что он поглощает лучи в красной и синей областях спектра и отражает зеленые лучи, которые воспринимаются нашим глазом.

Процесс фотосинтеза состоит из двух серий реакций. В первой серии световая энергия расходуется на синтез АТФ и на отщепление атомов водорода от воды. Затем АТФ поставляет энергию для второй серии реакций, известной как фиксация углерода. Из окиси углерода и воды образуется органическое вещество (углевод) и выделяется кислород.

Клетка нуждается в АТФ точно так же, как мы с вами нуждаемся в наличных деньгах, чтобы расплатиться за все, что нам необходимо.

Первыми фотосинтетиками на нашей планете были, видимо, цианеи, а затем зеленые водоросли. Остатки их находят в породах архейского возраста (около 3 млрд лет назад). В протерозое в морях обитало много разных представителей зеленых и золотистых водорослей. В это же время, видимо, появились первые прикрепленные ко дну водоросли.

Переход к фотосинтезу и автотрофному питанию был великим революционным переворотом в эволюции живого. Значительно увеличилась биомасса Земли. В результате фотосинтеза кислород уже в значительных количествах стал выделяться в атмосферу. Первичная атмосфера Земли не содержала свободного кислорода, и для анаэробных организмов он был ядом. Поэтому многие одноклеточные анаэробные организмы погибли в «кислородной катастрофе», другие укрылись в болотах, где не было свободного кислорода, и, питаясь, выделяли не кислород, а метан. Третьи приспособились к кислороду, получив огромное преимущество в способности запасать энергию (аэробные клетки выде-

ляют энергии в 10 раз больше, чем анаэробные). Благодаря фотосинтезу в органическом веществе Земли накапливалось все больше и больше энергии солнечного света, что способствовало ускорению биологического круговорота веществ и ускорению эволюции в целом.

Переход к фотосинтезу потребовал много времени. Он завершился примерно 1,8 млрд лет назад и привел к важным преобразованиям на Земле: первичная атмосфера Земли сменилась вторичной – кислородной; возник озоновый слой, который сократил воздействие ультрафиолетовых лучей, а значит, и прекратил производство нового «органического бульона»; изменился состав морской воды, он стал менее кислотным. Таким образом, современные условия на Земле в значительной мере были созданы жизнедеятельностью организмов.

С «кислородной революцией» связан и переход от прокариотов к эукариотам. Первые организмы были прокариотами. Это были такие клетки, у которых не было ядра, деление клетки не включало в себя точной дубликации генетического материала (ДНК), через оболочку клетки поступали только отдельные молекулы. Прокариоты – это простые, выносливые организмы, обладавшие высокой вариабельностью, способностью к быстрому размножению, легко приспосабливающиеся к изменяющимся условиям природной среды. Но новая ДНК двух индивидов не идентична им. Достоинство полового размножения в том, что оно значительно повышает видовое разнообразие и резко ускоряет эволюцию, позволяя быстрее и эффективнее приспосабливаться к изменениям окружающей среды.

Значительным шагом в дальнейшем усложнении организации живых существ было появление примерно 700–800 млн лет назад многоклеточных организмов с дифференцированным телом, развитыми тканями, органами, которые выполняли определенные функции. Первые многоклеточные животные представлены сразу несколькими типами: губки, кишечно-полостные, плеченогие, членистоногие. Многоклеточные происходят от колониальных форм одноклеточных жгутиковых. Эволюция многоклеточных шла в направлении совершенствования способов передвижения, лучшей координации деятельности клеток, совершенствования форм отражения с учетом предыдущего опыта, образования вторичной полости, совершенствования способов дыхания и др.

В протерозое и в начале палеозоя растения населяют в основном моря. Среди прикрепленных ко дну встречаются зеленые и бурые водоросли, а в толще воды – золотистые, красные и другие водоросли.

В кембрийских морях уже существовали почти все основные типы животных, которые впоследствии лишь специализировались и совершенствовались. Облик морской фауны определяли многочисленные ра-

кообразные, губки, кораллы, иглокожие, разнообразные моллюски, плеченогие.

Например, *трилобиты* (рис. 4) были подлинными хозяевами кембрийских морей (570 млн лет назад). Своего наивысшего расцвета они достигли в ордовикский период. Однако к концу палеозойско эры (225 млн лет назад) они полностью вымерли, просуществовав без «эволюционных изменений» примерно 250 млн лет.

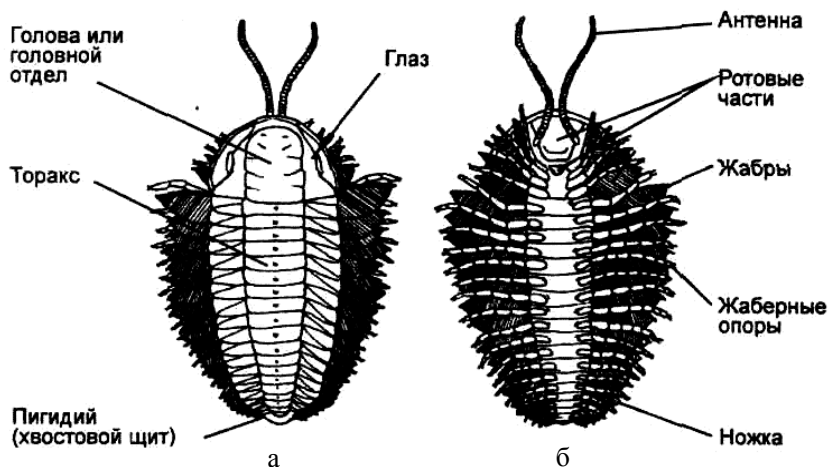


Рис. 4. Трилобит.  
Вид сверху (а) и снизу (б)

*Целакант* (вид рыбы, называемой также «латимерия») (рис. 5) в течение долгого времени считался переходной формой между рыбами и земноводными. Они были широко распространены в девонский период (400 млн лет назад). 23 декабря 1938 года живой целакант, без «эволюционных сдвигов», был пойман в океане вблизи острова Мадагаскар. Затем было поймано еще много экземпляров, которые украсили музеи и учебные заведения. Четыреста миллионов лет нисколько не изменили обитателя древних морей.

Папоротниковые деревья гинкго в изобилии произрастали в пермский период 280 млн лет назад. И ныне эти деревья распространены в Китае и Японии, где их культивируют из-за съедобных семян. Перечень подобных примеров можно долго продолжать.

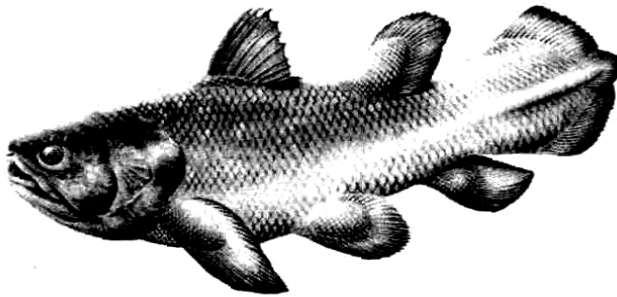


Рис. 5. Ископаемый целакант

Некоторые исследователи утверждают, что новые виды возникали внезапно и промежуточных форм не существовало. Сам Дарвин обсуждал такую возможность и написал в происхождении видов: «Я не думаю, что этот процесс [видообразование] происходит непрерывно; гораздо более вероятно, что каждая форма долгое время остается неизменной, а затем вновь претерпевает модификацию». Механизмы этой «модификации» до сих пор остаются нераскрытыми.

Иногда мутация представляет собой рекомбинацию (перестройку) некоторых участков существующего генетического материала или его удвоение (полиплодия). Пример: тетраплоидные цветковые растения, у которых произошло удвоение генетического материала (рис. 6).

Но чаще всего мутация – это разрушение генетического материала, вызванное космическим излучением, рентгеновскими, ультрафиолетовыми лучами или химическими веществами. Как показывает опыт, организмы, чей генетический материал частично разрушен, обычно не могут существовать или размножаться столь же успешно, как другие представители того же вида. Дефективное потомство слабее, чем исходный вид.

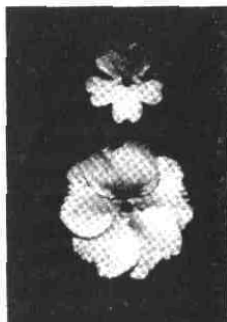


Рис. 6. Цветки дикорастущего первоцвета (вверху) и выведенной из него тетраплоидной садовой формы

*Естественный отбор направлен на очищение генофонда популяции от «бракованных» генов, видоизменение происходит только в рамках существующего генетического материала как адаптивная реакция на изменения окружающей среды.*

Важнейшим событием в эволюции форм живого являлся выход растений и живых существ из воды и последующее образование большого многообразия наземных растений и животных. Из них в дальнейшем и происходят высокоорганизованные формы жизни.

Переход к жизни в воздушной среде требовал многих изменений. Во-первых, вес тела здесь больше, чем в воде. Во-вторых, в воздухе не содержатся питательные вещества. В-третьих, воздух сухой, он иначе, чем вода, пропускает через себя свет и звук. Кроме того, содержание кислорода в воздухе выше, чем в воде. Выход на сушу предполагал выработку соответствующих приспособлений.

По-видимому, еще в протерозое на поверхности суши в результате взаимодействия абиотических (минералы, климатические факторы) и биотических (бактерии, цианеи) условий возникает почва. Почвообразовательные процессы в протерозое подготовили условия для выхода на сушу растений, а затем и животных.

Вслед за растениями из воды на сушу и воздух (сначала по берегам рек, озер, болот) последовали различные виды членистоногих – предки насекомых, пауков и скорпионов. Первые обитатели суши напоминали по виду современных скорпионов. И если первые амфибии появились в девоне, то активное завоевание суши позвоночными началось в карбоне. Первые полностью приспособившиеся к жизни на суше позвоночные – рептилии. Яйца рептилий были покрыты твердой скорлупой, не боялись высыхания, были снабжены пищей и кислородом для эмбриона. Первые рептилии были небольшими животными, напоминающими ныне живущих ящериц. В карбоне значительного развития достигают насекомые. Появляются летающие насекомые.

Механизм видообразования в теории биохимической эволюции – естественный отбор случайно возникающих мутаций. Предлагаемый механизм видообразования предполагает большое количество переходных форм от одного вида к другому. Между тем, данные палеонтологии говорят о том, что виды существовали на протяжении сотен миллионов лет без каких-либо изменений. Изменялись климатические условия, одни виды вымирали, появлялись другие. Но никаких переходных форм не обнаружено.

### **3.3. Контрольные вопросы**

1. Поясните процесс самоорганизации сложных молекулярных комплексов.



2. Приведите примеры образования живых существ в воде и воздушной среде.
3. Что такое «энергетический кризис»?
4. Для чего необходим фотосинтез?
5. Какие реакции входят в процесс фотосинтеза?
6. Что такое АТФ?
7. Какую роль играет АТФ в живой природе?
8. Как осуществляется переход к жизни в воздушной среде?
9. Почему растения имеют зеленый цвет?
10. Объясните механизм видообразований.

## **Глава 4**

# **БИОСФЕРА ЗЕМЛИ**

---

---

### **4.1. План семинарского занятия**

1. Уровни организации живой материи.
2. Биосфера как самый высокий уровень организации жизни.
3. Многообразие живых систем.
4. Биоценоз как элементарная ячейка биосферы.
5. Биотический круговорот.
6. Распределение солнечной энергии.
7. Солнечная активность и биосфера.
8. Ситуация «хищник – жертва».
9. Модель симбиоза.
10. Химическое равновесие в биосфере.

### **4.2. Теоретическое обоснование темы**

Все живые организмы, населяющие нашу планету, существуют не сами по себе, они зависят от окружающей среды и испытывают на себе ее воздействия. Точно согласованный комплекс множества факторов окружающей среды и приспособление к ним живых организмов обуславливает возможность существования всевозможных форм организмов.

Живая природа представляет собой сложно организованную, иерархичную систему. Выделяют несколько уровней организации живой материи.

1. Молекулярный. Любая живая система проявляется на уровне взаимодействия биологических макромолекул: нуклеиновых кислот, полисахаридов, а также других важных органических веществ.

2. Клеточный. Клетка – структурная и функциональная единица размножения и развития всех живых организмов, обитающих на Земле. Неклеточных форм жизни нет, а существование вирусов лишь подтвер-

ждает это правило, т.к. они могут проявлять свойства живых систем только в клетках.

3. Организменный. Организм представляет собой целостную одноклеточную или многоклеточную живую систему, способную к самостоятельному существованию. Многоклеточный организм образован совокупностью тканей и органов, специализированных для выполнения различных функций.

4. Популяционно-видовой. Под видом понимают совокупность особей, сходных по структурно-функциональной организации, имеющих одинаковый кариотип и единое происхождение и занимающих определенный ареал обитания, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство, характеризующихся сходным поведением и определенными взаимоотношениями с другими видами и факторами неживой природы.

Совокупность организмов одного и того же вида, объединенная общим местом обитания, создает популяцию как систему надорганизменного порядка. В этой системе осуществляются простейшие, элементарные эволюционные преобразования.

5. Биogeоценогический. Биogeоценоз – сообщество, совокупность организмов разных видов и различной сложности организации со всеми факторами конкретной среды их обитания – компонентами атмосферы, гидросферы и литосферы.

6. Биосферный. Биосфера – самый высокий уровень организации жизни на нашей планете. В ней выделяют живое вещество – совокупность всех живых организмов, неживое или косное вещество и биокосное вещество (почва).

Термин «*биосфера*» впервые был использован в 1875 г. австрийским геологом Э. Зюссом. Под *биосферой* понимается вся совокупность всех живых организмов вместе со средой их обитания, в которую входят: вода, нижняя часть атмосферы и верхняя часть земной коры, населенная микроорганизмами.

Два главных компонента биосферы – живые организмы и среда их обитания – непрерывно взаимодействуют между собой и находятся в тесном, органическом единстве, образуя целостную динамическую систему. Биосфера как глобальная суперсистема, в свою очередь, состоит из ряда подсистем.

*Многообразие живых систем* поражает воображение. За все время эволюции жизни на Земле существовало колоссальное количество различных видов живых организмов (всего около 500 млн). В настоящее время насчитывается около 1,2 млн видов животных и 0,5 млн видов растений. Минеральных же видов неживой материи (так называемое «косное вещество») насчитывается лишь около 10 тыс. видов.

Отдельные живые организмы не существуют изолированно. В процессе своей жизнедеятельности они соединяются в различные системы (сообщества), например, в популяции. В ходе эволюции образуется другой, качественно новый уровень живых систем, так называемые *биоценозы* – совокупность растений, животных и микроорганизмов в локальной среде обитания.

Эволюция жизни постепенно приводит к росту и углублению дифференциации внутри биосферы. В совокупности с окружающей средой обитания, обмениваясь с ней веществом и энергией, биоценозы образуют новые системы – *биогеоценозы*, или, как их еще называют, экосистемы. Они могут быть разного масштаба: море, озеро, лес, роща и т.д. Биогеоценоз представляет собой естественную модель биосферы в миниатюре, включающую в себя все звенья биотического круговорота: от зеленых растений, создающих органическое вещество, до их потребителей, в итоге превращающих его вновь в минеральные элементы. Иначе говоря, биогеоценоз является элементарной ячейкой биосферы. Таким образом, в совокупности все живые организмы и экосистемы образуют суперсистему – биосферу.

Говоря о принципах существования биосферы, В.И. Вернадский прежде всего уточнял понятие и способы функционирования живого вещества. Живой организм является неотъемлемой частью земной коры и изменяющим ее агентом, а живое вещество – это совокупность организмов, участвующих в геохимических процессах. Организмы берут из окружающей среды химические элементы, строящие их тела, и возвращают их после смерти и в процессе жизни в ту же самую среду. Тем самым и жизнь, и косное вещество находятся в непрерывном тесном взаимодействии, в круговороте химических элементов. При этом живое вещество служит основным системообразующим фактором и связывает биосферу в единое целое.

Обладея значительно большей активностью, чем неорганическая природа, живые организмы стремятся к постоянному совершенствованию и размножению соответствующих систем, включая биоценозы. Последние, в свою очередь, неизбежно взаимодействуют между собой, что в конечном счете уравнивает живые системы различного уровня. В результате достигается динамическая гармония всей суперсистемы жизни – биосферы.

*Биосфера* представляет из себя единство живого и минеральных элементов, вовлеченных в сферу жизни. Она распределена по земной поверхности крайне неравномерно и в различных природных условиях принимает вид относительно независимых комплексов – биогеоценозов (или экосистем). Живая часть биогеоценоза – *биоценоз* – состоит из популяций организмов разных видов.

Биосфера улавливает лишь небольшую часть солнечной энергии, поступающей на Землю (рис. 7). Ультрафиолетовая часть солнечного спектра, которая в энергетическом отношении составляет около 30% всей солнечной энергии, доходящей до Земли, практически полностью задерживается атмосферой. Половина поступающей энергии превращается в тепло и затем излучается в космическое пространство, 20% расходуется на испарение воды и образование облаков и только около 0,02% используется биосферой. Зеленые растения усваивают эту энергию, поглощая молекулы хлорофилла, затем в процессе фотосинтеза преобразуют ее и запасают в форме сахаров. От этого процесса зависит все существование биосферы.

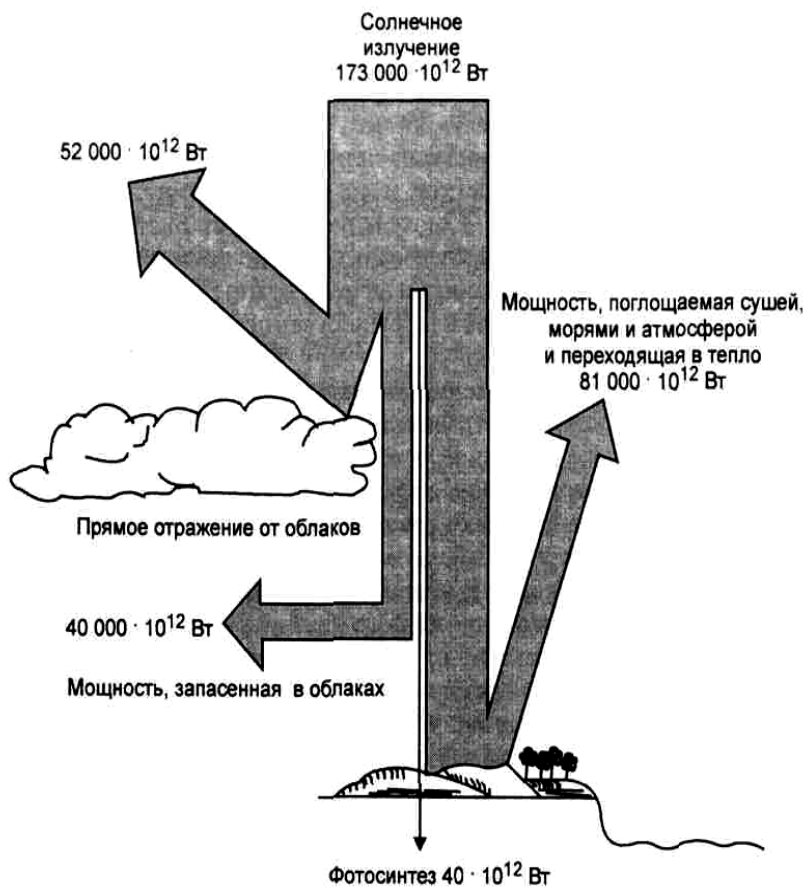


Рис. 7. Распределение солнечной энергии

Основу биосферы составляет *биотический круговорот* органических веществ при участии всех населяющих ее организмов. В закономерностях этого круговорота решена проблема развития и длительного существования жизни. Толщина стрелок соответствует количеству поглощенной, отраженной или запасенной мощности (энергии в 1 с).

Жизнь на Земле идет именно таким путем. Каждый вид – это только звено в биотическом круговороте. Непрерывность жизни обеспечивается процессами синтеза и распада, каждый организм отдает или выделяет то, что используют другие организмы. Особенно велика в этом круговороте роль микроорганизмов, которые превращают остатки животных и растений в минеральные соли и простейшие органические соединения, вновь используемые зелеными растениями для синтеза новых органических веществ. При разрушении сложных органических соединений высвобождается энергия, теряется информация, свойственная сложно организованному существу. Любая форма жизни участвует в биотическом круговороте и на нем основана саморегуляция биосферы. Микроорганизмы при этом играют двоякую роль: они быстро приспосабливаются к разным условиям жизни и могут использовать различные субстраты в качестве источника углерода и энергии. Высшие организмы не обладают такими способностями и потому располагаются выше одноклеточных в экологической пирамиде, опираясь на них, как на фундамент.

*Популяцией* называют группу особей одного вида, обладающих способностью свободно скрещиваться и неограниченно долго поддерживать свое существование в определенном местообитании. Популяция – это некоторое единство, которое определяется общностью занимаемой особями территории (или акватории), а также общностью их происхождения, сходством строения и поведения. Например: все особи, обитающие в небольшом озере, или все деревья одного вида в лесу.

Члены одной популяции оказывают друг на друга не меньшее взаимодействие, чем физические факторы среды или другие обитающие совместно виды организмов. В популяциях проявляются в той или иной степени все формы связей, характерные для межвидовых отношений, но наиболее ярко выражены мутуалистические (взаимно полезные) и конкурентные. Во всех случаях в популяциях действуют законы, позволяющие таким образом использовать ограниченные ресурсы среды, чтобы обеспечить воспроизведение потомства. Достигается это в основном через количественное изменение населения. Популяции многих видов обладают свойствами, позволяющими им регулировать свою численность.

Поддержание оптимальной в данных условиях численности называют гомеостазом популяции. Гомеостатические возможности популяций по-разному выражены у различных видов. Осуществляются они через взаимодействия особей.

Таким образом, популяции, как групповые объединения, обладают рядом специфических свойств, которые не присущи каждой отдельной особи. Групповые особенности – это основные характеристики популяций. К ним относятся:

- 1) численность – общее количество особей на выделяемой территории;
- 2) плотность – среднее число особей на единицу площади или объема, занимаемого популяцией пространства; плотность популяции можно выражать также через массу членов популяции в единице пространства;
- 3) рождаемость – число новых особей, появившихся за единицу времени в результате размножения;
- 4) смертность – показатель, отражающий количество погибших в популяции особей за определенный отрезок времени;
- 5) прирост популяции – разница между рождаемостью; прирост может быть как положительным, так и отрицательным;
- 6) темп роста – средний прирост за единицу времени.

Популяции свойственна определенная организация. Распределение особей по территории, соотношения групп по полу, возрасту, морфологическим, физиологическим, поведенческим и генетическим особенностям отражают структуру популяции. Она формируется, с одной стороны, на основе общих биологических свойств вида, а с другой – под влиянием абиотических факторов среды и популяций других видов. Структура популяций имеет, следовательно, приспособительный характер. Разные популяции одного вида обладают как сходными особенностями структуры, так и отличительными, характеризующими специфику экологических условий в местах их обитания.

### **Биосфера и солнечная активность**

Огромное число процессов на Земле связано с излучением Солнца. Общий поток излучения примерно стабилен, все изменения порядка 1 процента.

Представление о солнечно-земных связях складывалось постепенно, на основе отдельных догадок и открытий. Так, в конце XIX века К.О. Биркелан (Норвегия) впервые высказал предположение, что Солнце кроме волнового излучения испускает также и частицы.

В 1915 г. А.Л. Чижевский обратил внимание на циклическую связь между развитием некоторых эпидемий и пятнообразовательной деятельностью Солнца. Синхронность многих гелио- и геофизических явлений (а также форма кометных хвостов) наводила на мысль, что в межпланетном пространстве имеется агент, передающий солнечные возмущения Земле. Этим агентом оказался солнечный ветер, существование которого экспериментально было доказано в начале 1960-х гг. путем прямых измерений с помощью автоматических межпланетных

станций. Открытие солнечного ветра вместе с накопленными данными о других проявлениях солнечной активности послужило основой для исследования физики солнечно-земных связей.

Солнечная активность – совокупность явлений, наблюдаемых на Солнце и связанных с образованием солнечных пятен, факелов, флоккулов, волокон, протуберанцев, возникновением солнечных вспышек, возмущений в солнечной короне, увеличением ультрафиолетового, рентгеновского и корпускулярного излучения и др. Большинство этих явлений тесно связано между собой и возникает в активных областях. В их протекании отчётливо видна цикличность со средним периодом 11,2 года, а также с периодами 22, 80–90 лет и др.

Циклические изменения солнечной активности проявляются на Земле в частоте и интенсивности магнитных бурь, полярных сияний, в колебаниях ультрафиолетовой радиации, степени ионизации верхних слоев атмосферы и т.п. Все это неизбежно сказывается на биосфере в целом, на телесном и психическом состоянии людей. Также существенную роль в космическом и планетарном механизмах биосферы играют электромагнитные поля, что связано с устойчивым неравновесием. Состояние устойчивого неравновесия, характеризующее сущность живого вещества, служит основой для проявления принципа биологического усиления слабых воздействий, имеющего первостепенное значение для информационного взаимодействия электромагнитных полей с биосферой, особенно с биосистемами.

Биосфера погружена в океан электромагнитных полей космического, земного и биогенного происхождения. Электромагнитный спектр биосферы изменялся в широких пределах: от вековых, сезонных до суточных изменений электрических и магнитных полей и даже до гамма-излучений. Практически все процессы жизнедеятельности связаны с электромагнитными полями.

Электромагнитные поля имеют информационное значение в популяции биосистем. Электромагнитный фон биосферы является эволюционным фактором, который влияет на биологические ритмы, космические излучения, генерируемые ядром галактики, нейтронными звездами, ближайшими звездными системами, Солнцем и планетами, пронизывающими биосферу, и все в ней. В этом потоке разнообразных излучений основное место принадлежит солнечному излучению, которое обуславливает существенные черты функционирования механизма биосферы. В.И. Вернадский писал: «Солнцем в корне переработан и изменен лик Земли, пронизана и охвачена биосфера. В значительной мере биосфера является проявлением его излучений. Она составляет планетный механизм, превращающий их в новые разнообразные формы земной свободной энергии, которые в корне меняют историю и судьбу нашей планеты».



С циклическими изменениями солнечной активности связано проявление многолетних биологических циклов. Излучением влияния изменений солнечной активности на живые организмы Земли занимается гелиобиология – наука, основы которой были заложены в начале 1920-х гг. А.Л. Чижевским (1897–1964 г.). Чижевский считал, что гелиобиология, показывающая несомненную связь земных событий с космическими ритмами, является современной научной формой древнего астрологического учения.

Чижевский установил зависимость между циклами активности Солнца и многими явлениями в биосфере. Он использовал концепцию биосферы как оболочки планеты и ввел представление о компенсаторно-защитной функции биосферы, необходимой для существования в планетарно-космических условиях Земли живых организмов.

Химическое равновесие в биосфере опирается на биотический круговорот. *Хотя отдельные циклы изучены недостаточно, ясно, что система находится на грани порядка и хаоса и может быть выведена из этого состояния неустойчивого равновесия даже малым воздействием.* Ряд ученых (Л. Маршалл, М.И. Будыко, Л. Беркнер и др.) считают, что *резкое уменьшение углекислоты в атмосфере с появлением фотосинтеза приводило к похолоданию и оледенению Земли, и, естественно, к нарушению существовавших циклов.* Собственно, это сейчас и делает индустриально вооруженный человек. Биосфера сформировалась по своему плану, без участия человека, и биогеоценозы пока еще находят резервы, чтобы справиться с вмешательством человека, но неизвестно, насколько их хватит.

### **4.3. Контрольные вопросы**

1. Перечислите уровни организации живой материи.
2. Что понимают под организменным, популяционно-видовым, биогеотическим уровнями?
3. Что происходит с солнечной энергией, падающей на Землю?
4. Поясните понятие биотического круговорота.
5. Какими процессами обеспечивается непрерывность жизни?
6. Какими моделями описывается сосуществование и конкуренция различных видов?
7. Модель «хищник-жертва» и ее значение для экологии. Каким образом изменяется численность хищников и жертв, живущих на одной территории? Приведите примеры.
8. Модель симбиоза и ее значение.
9. Насколько устойчиво химическое равновесие в биосфере?
10. Какие проблемы встают перед человечеством в связи с этим?

## Глава 5

# СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В БИОЛОГИИ

---

---

### 5.1. План семинарского занятия

1. Системы регулирования и саморегуляции живой природы – гомеостаз и кибернетика.
2. Основные компоненты систем управления.
3. Основные «органы управления» клетки.
4. Строение клетки животных.
5. Роль и функция нервной и эндокринной систем управления.
6. Пример простой биологической системы – контроль кальция в крови.

### 5.2. Теоретическое обоснование темы

*Живой организм* представляет собой открытую физико-химическую систему, существующую в окружающей среде в стационарном состоянии. У всех живых организмов от морфологически самых простых до наиболее сложных имеются разнообразные анатомические и физиологические приспособления, служащие одной цели – сохранению постоянства внутренней среды, то есть поддержанию в достаточно узких пределах температуры тела, содержания в нем воды, градиентов концентрации ионов, кровяного давления и т.д. По словам французского физиолога Клода Бернара: «постоянство внутренней среды является обязательным условием свободной жизни». Способность живых систем сохранять стационарное состояние в условиях непрерывно меняющейся внешней среды обуславливает их выживание.

На уровне клеток и на уровне тканей действуют разнообразные системы саморегуляции, обозначаемые термином *гомеостаз* (от греч. *homois* – тот же; *stasis* – состояние). Способы регуляции, существующие

в живой природе, имеют много общих черт с регулируемыми устройствами в современной технике. И в том и в другом случае стабильность достигается благодаря определенной форме управления. Общими закономерностями регулирования в живой и неживой природе занимается *кибернетика* (от греч. *kybernos* – рулевой). Физиологи, изучающие растения и животных, часто используют точные математические методы теории управления для обозначения механизмов действия биологических регуляторных систем.

*Мерой эффективности всякой управленческой системы является степень отклонения регулируемого параметра от должного (оптимального) уровня и скорость возвращения к этому уровню.* Гомеостатические механизмы имеют некоторую свободу колебаний, так как именно колебания активизируют систему управления и возвращают переменную к оптимальной величине. Подобные системы основаны на таком соединении компонентов, при котором выход может регулироваться входом, то есть они действуют по принципу обратной связи. Причем в системах с обратной связью выход может одновременно служить входом.

Для осуществления обратной связи необходимо, чтобы результат работы данной системы сравнивался с заданным значением («установкой»), являющимся оптимальным значением регулируемого параметра (переменной), а в случае отклонения от него соответствующим образом изменялся (рис. 8).

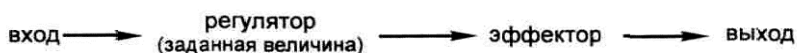


Рис. 8. Основные компоненты систем управления

Существуют два вида *обратной связи* — *отрицательная* и *положительная*. *Отрицательная обратная связь* более распространена в гомеостатических системах живых организмов, так как она повышает стабильность системы. При нарушении равновесия системы возникает ряд последствий, которые приводят к устранению этого нарушения и возвращению системы в исходное состояние.

*Положительная обратная связь* редко встречается в биологических системах, так как она приводит к нестабильности системы и к экстремальным состояниям. Возникшее возмущение вызывает такие последствия, которые еще более его усиливают. Например, во время распространения нервного импульса деполяризация мембраны нейрона повышает ее проницаемость для  $\text{Na}^+$ . Ионы  $\text{Na}^+$  входят в аксон через ионные каналы в мембране и вызывают дальнейшую деполяризацию, которая приводит к возникновению потенциала действия. В этом случае

положительная обратная связь действует как усилитель сигнала, величину которого ограничивают другие механизмы.

Системы управления на уровне тканей – *эндокринная и нервная системы*, на уровне клетки – *система обратных связей на молекулярном уровне* (рис. 9).

Вверху изображены «органы управления» клетки – ДНК, состоящая из нуклеотидов, последовательностью которых кодируется информация, и рибосомы; ниже – «рабочие органы», поделенные на «специфические» и «обеспечивающие» структуры, которые выполняют соответствующие функции. Толстыми стрелками обозначены внешние «входы» и «выходы», тонкими – связи между элементами внутри клетки.

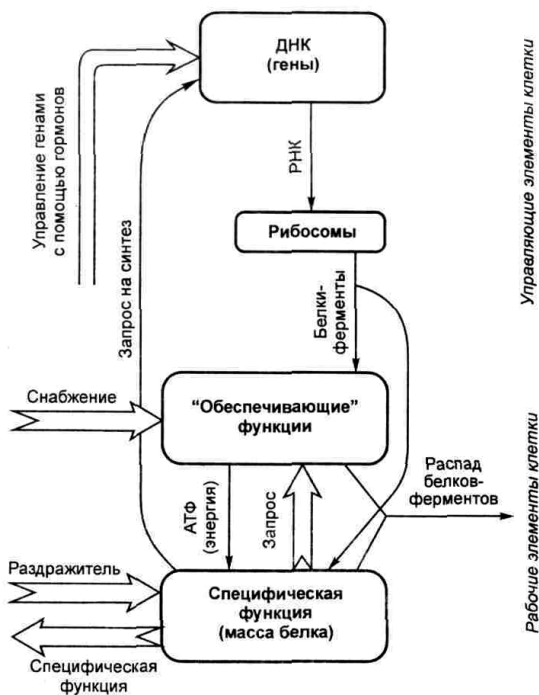


Рис. 9. Схема клетки

Связь с окружающей средой осуществляется через плазматическую мембрану, которая позволяет проникать в клетку и выходить из нее лишь определенным молекулам. Обмен через мембрану регулируется диффузией, осмотическими и электрическими градиентами, активными механизмами переноса (ионными насосами) и перемещениями мембранных структур, как, например, при пиноцитозе и фагоцитозе.

Внутриклеточная деятельность сводится к многочисленным химическим реакциям, каждая из которых протекает под действием своего белка-фермента. Ген – участок ДНК, кодирующий определенный белок. Белки синтезируются, «печатаются» в рибосомах по матрицам – РНК, которые получают путем копирования гена с ДНК.

В генах содержится информация о структуре всех белков клетки, а кроме того, множество инструкций, призванных управлять, то есть «включать» и «останавливать» синтез тех или иных белков, в зависимости от деятельности клетки в данный период. Например, для деления клеток нужны одни белки, для захвата пищи или переваривания – другие. «Неработающие» гены заблокированы, они включаются в действие по сигналам, идущим от «рабочих» элементов («запрос на синтез»), а также от эндокринной системы управления, действующей через специфические гормоны.

*В каждой клетке организма есть полный набор генов для всех видов его клеток, который сформировался еще в яйцеклетке при ее оплодотворении. В нем закодированы все белки и все «инструкции», как должен действовать каждый вид клеток в процессе жизни.*

По теории Жакоба и Моно, в ДНК, кроме структурных генов, несущих информацию о процессе биосинтеза, есть гены-операторы и гены-регуляторы. Последние кодируют синтез специфического вещества – репрессора, который присоединяется к гену-оператору и может регулировать работу структурного гена, отвечающего за синтез белка, вплоть до прекращения процесса синтеза. Но если в клетку попадает вещество, называемое индуктором, то репрессор соединяется с ним, освобождая ген-оператор. Начинается синтез информационной РНК, которая служит матрицей для производства белка (рис. 10).

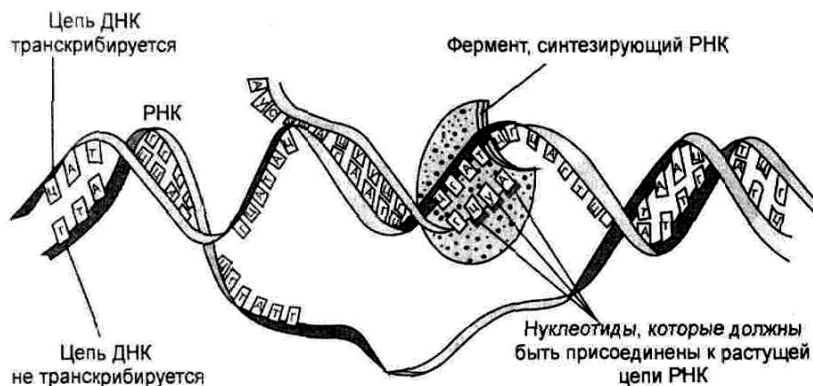


Рис. 10. Транскрипция: синтез РНК на ДНК-матрице

После того, как вещество-индуктор израсходуется, репрессор, непрерывно производимый геном-регулятором, связывается вновь с геном-оператором – и цикл повторяется. Так работает обратная связь на молекулярном уровне.

«Главная» деятельность клетки, служащая нуждам целого организма, осуществляется ее специфическими рабочими элементами. «Обеспечивающие» элементы производят энергию в виде молекул АТФ.

Клетка живет по своим программам, заданным в ее генах, и напоминает современный большой завод, управляемый суперкомпьютером с гибкими программами, обеспечивающими выполнение плана при всех трудностях (рис. 11). Если условия среды становятся для клетки неблагоприятными, то функции ее постепенно ослабевают и жизнь замирает.

*Целям поддержания благоприятных условий служат нервная и эндокринная системы управления.*

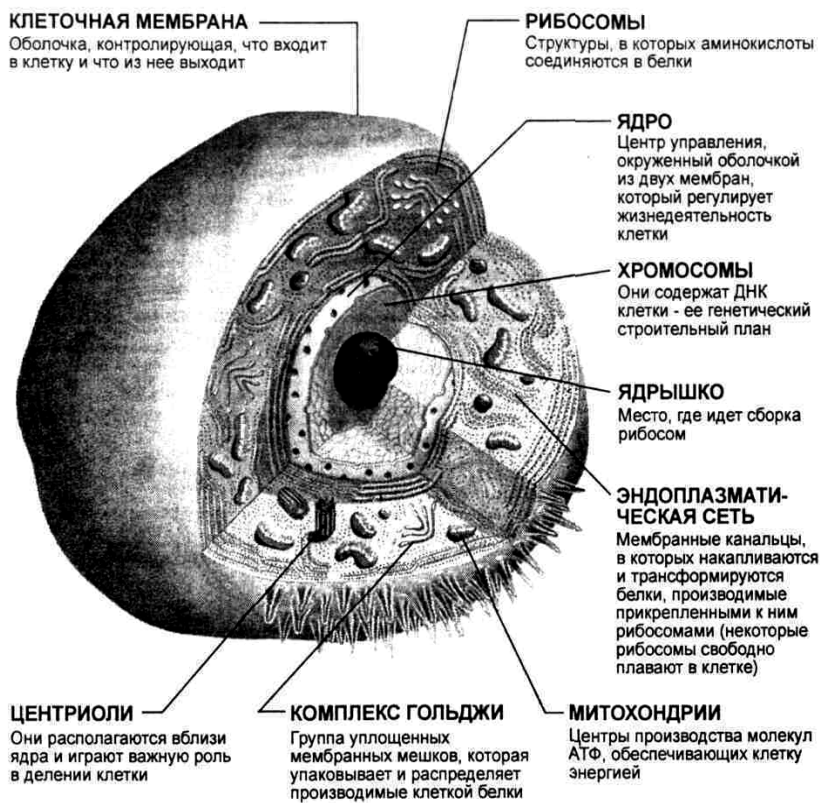


Рис. 11. Клетка животных

Нервная система действует очень быстро, ее эффекты четко локализованы, а в основе ее деятельности лежит электрическая и химическая передачи.

*Нервная система* состоит из высокодифференцированных клеток, функция которых заключается в том, чтобы воспринимать информацию, кодировать ее в виде электрических импульсов и передавать другим клеткам, способным отвечать надлежащим образом.

У многоклеточных животных вся сенсорная информация воспринимается нервными клетками, носящими название *рецепторов*. Воспринимаемая рецепторами информация по нейронам передается эффекторным клеткам и вызывает в них реакцию, определенным образом связанную со стимулом.

Нервную систему позвоночных подразделяют на центральную и периферическую. *К центральной нервной системе относятся головной и спинной мозг. Она включает нейроны, целиком лежащие в ЦНС, а также тела клеток, посылающих свои отростки на периферию.*

*Все остальные части нервной системы, не относящиеся к ЦНС, составляют периферическую нервную систему. Она включает пучки аксонов, окруженные соединительной оболочкой, и ганглии — группы тел нейронов, лежащих вне ЦНС.*

В свою очередь периферическая нервная система подразделяется на соматическую и вегетативную. *Соматическая нервная система* контролирует работу скелетных мышц, с помощью которых мы двигаемся, говорим, управляем своим телом. Эти мышцы находятся под произвольным контролем.

*Вегетативная нервная система* управляет мышцами и железами, функция которых не поддается волевому контролю (например, мускулатура стенки пищеварительного тракта и стенок кровеносных сосудов).

*Эндокринная система управления* действует более медленно, ее эффекты носят диффузный характер, а в основе ее действия лежит химическая передача сигнала через систему кровообращения. В эндокринных железах синтезируются гормоны и разносятся с током крови в самые отдаленные уголки организма (табл. 1). Секретия гормонов регулируется по принципу отрицательной обратной связи.

Органы чувств, реагирующие на изменение внешней среды, связаны с железами внутренней секреции с помощью гипоталамуса — жизненно важной областью головного мозга (рис. 12). Группы клеток гипоталамуса обуславливают ответы на такие ощущения, как боль, удовольствие, чувство голода или жажды и сексуальная потребность. Гипоталамус связан с гипофизом — важнейшей эндокринной железой, в которой синтезируется множество гормонов.

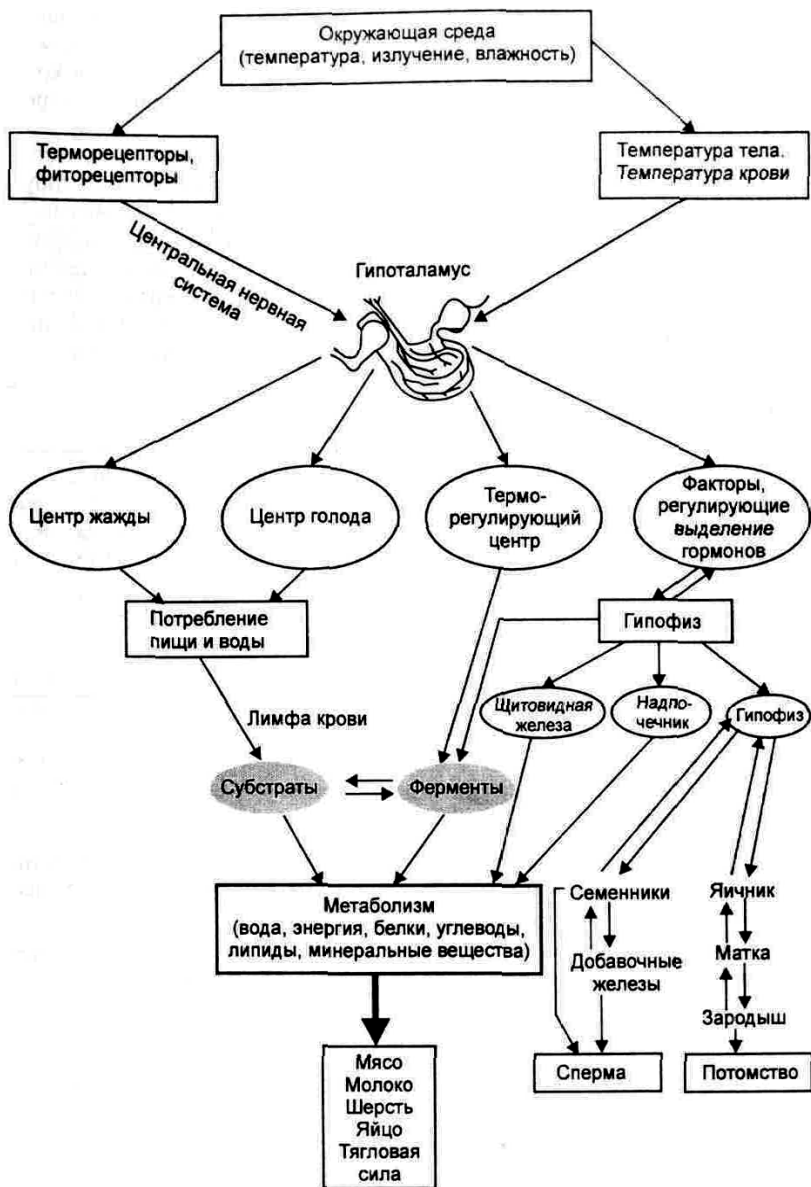


Рис. 12. Жизнедеятельность животных регулируется центральной нервной системой и гормональными механизмами



**Некоторые гормоны позвоночных, места их синтеза и действия**

Гормон	Место синтеза	Стимулирует
Тироксин	Щитовидная железа	Рост и метаболизм
Кальцитонин	Щитовидная железа	Снижение концентрации кальция в крови в результате связывания его в костях
Паратгормон	Паращитовидная железа	Увеличение концентрации кальция в крови в результате высвобождения его из костей
Инсулин	Поджелудочная железа	Снижение концентрации кальция в крови в результате поглощения его другими клетками
Глюкагон	Поджелудочная железа	Повышение концентрации сахара в результате поступления его из печени
Адреналин	Мозговое вещество надпочечников	Расширение некоторых кровеносных сосудов; повышение артериального давления; повышение концентрации сахара в крови

Пример простой биологической системы управления – контроль кальция в крови (рис. 13). Возрастание ионов кальция в крови вызывает секрецию щитовидной железы – гормона кальцитонина. Под влиянием кальцитонина клетки в костях начинают поглощать кальций, его концентрация в крови снижается. В свою очередь, снижение концентрации кальция в крови вызывает прекращение секреции кальцитонина.

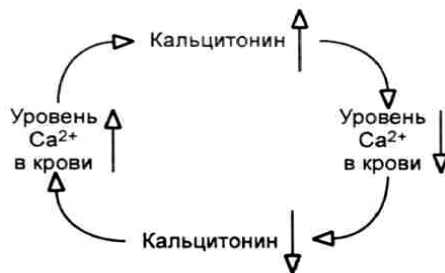


Рис. 13. Схема контроля кальция в крови по принципу отрицательной обратной связи

Нервная и эндокринная система порознь и совместно регулируют жизнедеятельность организма. В табл. 2 резюмированы различия между этими двумя системами, что позволяет увидеть преимущества каждой системы в связи с функцией, которую она выполняет.

Таблица 2

**Сравнение нервной и эндокринной систем управления**

Нервная регуляция	Эндокринная регуляция
Информация передается по аксонам в виде ионного разряда	Информация передается химическими веществами через кровеносное русло
Передача быстрая	Передача медленная
Реакция наступает немедленно	Реакция развивается медленно
Реакция кратковременная	Реакция продолжительная
Реакция четко локализована	Реакция обычно генерализована

**5.3. Контрольные вопросы**

1. Механизмы, обеспечивающие выживание живых организмов в условиях меняющейся окружающей среды. Что является условием выживания?
2. Система управления внутриклеточными процессами. Как функционирует эта система управления по теории Жакоба и Моно?
3. Строение и функции нервной системы управления.
4. Строение и функции эндокринной системы управления.
5. Гипоталамус и взаимодействие нервной и эндокринной систем управления.
6. Различия и особенности нервной и эндокринной систем управления.

## **Глава 6**

# **ЧЕЛОВЕК И БИОСФЕРА**

---

### **6.1. План семинарского занятия**

1. Появление человека на Земле.
2. Возникновение антропогенезов.
3. Географическая среда и техносфера.
4. Ноосфера. Учение В.И. Вернадского о ноосфере.
5. Природные ресурсы и их использование.
6. Антропогенное воздействие на биосферу. Экология.
7. Экологические проблемы биосферы.
8. Охрана окружающей среды и рациональное природопользование.

### **6.2. План семинарского занятия**

Вершиной эволюции живого на Земле явился человек, который как биологический вид на основе многочисленных изменений приобрел не только сознание (совершенную форму отображения окружающего мира), но и способность изготавливать и использовать в своей жизни орудия труда. Посредством орудий труда человечество стало создавать фактически искусственную среду своего обитания (поселения, жилища, одежду, продукты питания, машины и многое другое). С этих пор эволюция биосферы вступила в новую фазу, где человеческий фактор стал мощной природной движущей силой.

Первая созданная человеком культура – палеолит (каменный век) – продолжалась примерно 20–30 тысяч лет. Она совпадала с длительным периодом оледенения. Экономической основой жизни человеческого общества была охота на крупных животных: благородного и северного оленя, шерстистого носорога, осла, лошадь, мамонта, тура. Интенсивное истребление крупных травоядных животных привело к сравнительно быстрому сокращению их численности и исчезновению многих видов.

Если мелкие травоядные могли восполнить потери от преследования охотниками высокой рождаемостью, то крупные животные в силу эволюционной истории были лишены этой возможности. Дополнительные трудности возникли вследствие изменения природных условий в конце палеолита. 10–12 тысяч лет назад наступило резкое потепление, отступил ледник, леса распространились в Европе, вымерли крупные животные. Это создало новые условия жизни, разрушило сложившуюся экономическую базу человеческого общества. Закончился период его развития, характеризовавшийся только использованием пищи, т.е. чисто потребительским отношением к окружающей среде.

В следующую эпоху – эпоху неолита (новый каменный век) – наряду с охотой, рыбной ловлей и собирательством все большее значение приобретает процесс производства пищи. Делаются первые попытки одомашнивания животных и разведения растений, зарождается производство керамики. Уже 9–10 тысяч лет назад существовали поселения, среди остатков которых обнаруживают пшеницу, ячмень, чечевицу, кости домашних животных – коз, свиней, овец. Развиваются зачатки земледельческого и скотоводческого хозяйства. Широко используется огонь и для уничтожения растительности в условиях подсечного земледелия, и как средство охоты. Начинается освоение минеральных ресурсов, зарождается металлургия.

Рост населения, качественный скачок в развитии науки и техники за последние два столетия, и особенно в наши дни, привели к тому, что деятельность человека стала фактором планетарного масштаба, направляющей силой дальнейшей эволюции биосферы. Возникли *антропоценозы* (от греческого *anthropos* – человек, *koinos* – общий, общность) – сообщества организмов, в которых человек является доминирующим видом, а его деятельность – определяющей состоянием всей системы.

Человечество, несмотря на всю свою сегодняшнюю мощь и независимость, является составной частью и продолжением единой природы. Человек, общество неразрывно с ней связаны и не в состоянии существовать и развиваться вне природы и в первую очередь без непосредственно окружающей его природной среды.

Связь человека с окружающей средой особенно ярко выражена в сфере материального производства. Природные богатства (прежде всего полезные ископаемые) служат естественной основой материального производства и жизни общества в целом. Поэтому, даже «выйдя из природы», человечество не в состоянии существовать без продуктов труда, полученных в результате материального производства, «очеловечивания природы». Природа является естественной основой жизнедеятельности человека и общества в целом. Вне природы и созданных на ее основе предметов человек не существует.

Наиболее тесно человек связан с такими составляющими природы и биосферы, как географическая и окружающая среда. *Географическая среда* есть та часть природы (растительный и животный мир, вода, почва, атмосфера Земли), которая вовлечена в сферу жизни человека, в первую очередь в производственный процесс. Она оказывает существенное влияние на самые разные стороны жизни человека и, прежде всего на развитие материального производства. Многообразие свойств природы явилось естественной основой для разделения труда (охота, земледелие, скотоводство, добыча полезных ископаемых и т.д.). От особенностей географической среды зависят конкретные направления человеческой деятельности, в частности, развитие тех или иных отраслей производства в различных странах и на континентах.

Влияние природы в виде конкретной географической среды на историческое развитие того или иного народа весьма различно, оно проявлялось, например, как наличие или отсутствие благоприятных природных условий для производства сельскохозяйственных продуктов, а также в других отношениях. Данное различие было особо чувствительным для человека на ранних ступенях развития общества, когда преобразование предметов природы составляло лишь незначительный процент по сравнению с их использованием в готовом виде.

Неблагоприятные природные условия существенно тормозили общественное развитие. Не случайно поэтому древние цивилизации возникали первоначально именно у народов южных стран. Благоприятный климат требовал меньших затрат труда на изготовление жилищ и одежды, на производство продуктов. На Юге открывалась лучшая возможность для развития разделения труда, возникновения прибавочного продукта, появления культуры.

Однако лучшие природные условия южных стран обеспечивали эти преимущества главным образом на ранних ступенях развития человечества. В дальнейшем же положительная роль благоприятного климата парадоксальным образом превратилась в отрицательную, ибо во многом отсутствовал стимул производства. Именно поэтому активная история народов южных регионов как бы замораживается в средневековье.

*«Окружающая среда»* – более широкое понятие, чем географическая. Оно включает в себя, помимо поверхности Земли и ее недр, часть Солнечной системы, которая попадает или может попасть в сферу деятельности человека, а также созданный им материальный мир. В структуре окружающей среды выделяют две важнейшие составляющие: естественную и искусственную среды обитания.

*Естественная среда обитания* включает в себя неживую и живую части природы – геосферу и биосферу. Она существует и развивается без вмешательства человека, естественным образом. Однако в ходе эволюции человек постепенно все больше осваивает естественную среду

обитания. Первоначально это было лишь простое потребление *естественных богатств* (диких плодов, растений и животных). Затем человек начал использовать и *естественные источники* средств жизни (полезные ископаемые, энергетические источники), преобразуя их в ходе своей практической деятельности.

Уровень воздействия человека на окружающую среду зависит в первую очередь от технической вооруженности общества. Она была крайне мала на начальных этапах развития человечества. Однако с развитием общества, ростом его производительных сил ситуация изменилась кардинальным образом. XX столетие – век научно-технического прогресса. Связанный с качественно новым взаимоотношением науки, техники и технологии, он колоссально увеличил масштабы воздействия общества на природу и поставил перед человеком целый ряд новых, чрезвычайно острых проблем.

Изучение влияния техники на биосферу и природу в целом нуждается не только в прикладном, но и в глубоком теоретическом осмыслении. Техника все менее остается только вспомогательной силой для человека. Все больше проявляется ее автономность.

Понятие «совокупность техники и технические системы» лишь начинает обретать право на существование в науке. По аналогии с живым веществом, лежащим в основе биосферы, мы можем говорить о *техновеществе* как совокупности всех существующих технических устройств и систем (своеобразных техноценозов). В результате преобразования человеком естественной среды обитания можно говорить уже о реальном существовании нового ее состояния – о техносфере.

Понятие «техносфера» выражает совокупность технических устройств и систем вместе с областью технической деятельности человека. Ее структура достаточно сложна, так как включает в себя техногенное вещество, технические системы, живое вещество, верхнюю часть земной коры, атмосферу, гидросферу. Более того, с началом эры космических полетов техносфера вышла далеко за пределы биосферы и охватывает уже околоземный космос.

Нет смысла современному человеку подробно говорить о роли и значении техносферы в жизни общества и природы. Техносфера все больше преобразует природу, изменяя прежние и создавая новые ландшафты, активно влияя на другие сферы и оболочки Земли и прежде всего на биосферу.

## **Ноосфера. Учение Вернадского о ноосфере**

Огромное влияние человека на природу и масштабные последствия его деятельности послужили основой для создания учения о *ноосфере*. Термин «ноосфера» переводится буквально как сфера разума. Впервые

его ввел в научный оборот в 1927 г. французский ученый Э. Леруа. Вместе с Тейяром де Шарденом он рассматривал ноосферу как некое идеальное образование, внебиосферную оболочку мысли, окружающую Землю.

Ряд ученых предлагают употреблять вместо понятия «ноосфера» другие понятия: «техносфера», «антропосфера», «психосфера», «социосфера» или использовать их в качестве синонимов. Подобный подход представляется весьма спорным, так как между перечисленными понятиями и понятием «ноосфера» есть определенная разница.

Следует также отметить, что учение о ноосфере не носит пока законченного канонического характера, которое можно было бы принимать как некое безусловное руководство к действию. Учение о ноосфере было сформулировано и в трудах одного из его основателей В.И. Вернадского. В его работах можно встретить разные определения и представления о ноосфере, которые к тому же менялись на протяжении жизни ученого. Вернадский начал развивать данную концепцию с начала 1930-х гг., после детальной разработки учения о биосфере. Осознавая огромную роль и значение человека в жизни преобразования планеты, В.И. Вернадский употребляет понятие «ноосфера» в разных смыслах: 1) как состояние планеты, когда человек становится крупнейшей преобразующей геологической силой; 2) как область активного проявления научной мысли; 3) как главный фактор перестройки и изменения биосферы.

Очень важным в учении В.И. Вернадского о ноосфере было то, что он впервые осознал и попытался осуществить *синтез естественных и общественных наук* при изучении проблемы глобальной деятельности человека, активно перестраивающего окружающую среду. По его мнению, ноосфера уже есть качественно иная, высшая стадия биосферы, связанная с коренным преобразованием не только природы, но и человека. Это не просто сфера приложения знаний человека при высоком уровне техники. Для этого достаточно понятия «техносфера». Речь идет о таком этапе в жизни человечества, когда преобразующая деятельность человека будет основываться на строго научном и действительно разумном понимании всех происходящих процессов и обязательно сочетаться с «интересами природы».

В настоящее время под *ноосферой* понимается сфера взаимодействия человека и природы, в пределах которой разумная человеческая деятельность становится главным определяющим фактором развития. В *структуре ноосферы* можно выделить в качестве составляющих человечество, общественные системы, совокупность научных знаний, сумму техники и технологий в единстве с биосферой. Гармоничная взаимосвязь всех составляющих структуры есть основа устойчивого существования и развития ноосферы.

## Экология

Наука, изучающая взаимодействие организмов с окружающей средой, называется *экологией*. Используемые в ней подходы на основе переработки всей доступной информации служат для получения всеобъемлющей картины живых систем и их окружения. Экология выросла из «естественной истории» так же, как физиология или генетика. С середины прошлого века ее значение стало расти, область приложения существенно расширилась. Современная экология является междисциплинарной наукой, развивающейся на стыке физики, биологии, техники и общественных наук.

Одним словом, экология – это наука, изучающая все сложные взаимосвязи и взаимоотношения в природе, рассматриваемые Дарвиным как условия борьбы за существование. С тех пор в результате деятельности человека естественная наука экология все более приобретает политический и социальный характер, включая в себя право, экономику, социологию и другие научные дисциплины.

Среди природных богатств планеты различают исчерпаемые и неисчерпаемые ресурсы.

Последствия антропогенной (предпринимаемой человеком) деятельности проявляются в истощении природных ресурсов, загрязнении биосферы отходами производства, разрушении природных экосистем, изменении структуры поверхности Земли, изменении климата. Антропогенные воздействия приводят к нарушению практически всех природных биогеохимических циклов.

В соответствии с плотностью населения меняется и степень воздействия человека на окружающую среду. При современном уровне развития производительных сил деятельность человеческого общества сказывается на биосфере в целом.

Масса атмосферы нашей планеты ничтожна – всего лишь одна миллионная часть массы Земли. Однако роль ее в природных процессах биосферы огромна: она определяет общий тепловой режим поверхности нашей планеты, защищает ее от вредных воздействий космического и ультрафиолетового излучений. Циркуляция атмосферы оказывает влияние на местные климатические условия, а через них – на режим рек, почвенно-растительный покров, процессы рельефообразования.

Современный состав атмосферы – результат длительного исторического развития земного шара. Состав атмосферы – кислород, азот, аргон, углекислый газ и инертные газы.

По данным ученых, ежегодно в мире в результате деятельности человека в атмосферу поступает 25,5 млрд т оксидов углерода, 190 млн т оксидов серы, 65 млн т оксидов азота, 1,4 млн т фреонов, органические



соединения свинца, углеводороды, в том числе канцерогенные, большое количество твердых частиц (пыль, копоть, сажа).

В результате сжигания различного топлива в атмосферу ежегодно выбрасывается около 20 млрд тонн углекислого газа. Антропогенные выбросы углекислого газа превышают естественные и составляют в настоящее время большую долю его количества, нарушают прозрачность атмосферы, а следовательно ее тепловой баланс.

Половина диоксида углерода, образующегося при сгорании ископаемого топлива, поглощается океаном и зелеными растениями, половина остается в воздухе. Содержание углекислого газа в атмосфере постепенно возрастает и за последние 100 лет увеличилось более чем на 10%. Углекислый газ препятствует тепловому излучению в космическое пространство, создавая так называемый «парниковый эффект», т.е. увеличение средней температуры атмосферы на несколько градусов. Это способно вызвать таяние ледников полярных областей, повышение уровня Мирового океана, изменение его солености, температуры и другие неблагоприятные последствия.

Таким образом, изменение содержания углекислого газа в атмосфере в значительной мере влияет на климат Земли.

С появлением жизни на Земле круговорот воды стал относительно сложным, т.к. к простому явлению испарения добавились более сложные процессы, связанные с жизнедеятельностью живых организмов, особенно человека.

При сохранении таких темпов потребления и с учетом прироста населения и объемов производства к 2100 году человечество может исчерпать все запасы пресной воды.

Считается, что с 1600 года человеком было истреблено более 160 видов и подвидов птиц и не менее 100 видов млекопитающих. В длинном списке исчезнувших видов значится тур – дикий бык, живший на территории Европы. В XVIII веке была истреблена описанная русским натуралистом Г.В. Стеллером морская корова – водное млекопитающее, относящееся к разряду сиреневых. Немногим более 100 лет назад исчезла дикая лошадь тарпан, обитавшая на юге России. Многие виды животных находятся на грани вымирания или сохранились только в заповедниках. Такова судьба бизонов, десятками миллионов населявших прерии Северной Америки и зубров, прежде широко распространенных в лесах Европы. На Дальнем Востоке почти полностью истреблен пятнистый олень. Усиленный промысел китообразных привел на грань уничтожения несколько видов китов: серого, гренландского, голубого. На численность животных оказывает влияние и хозяйственная деятельность человека, не связанная с промыслом. Резко сократилась числен-

ность уссурийского тигра – в результате освоения территорий в пределах его ареала и сокращения кормовой базы. В Тихом океане ежегодно погибает несколько десятков тысяч дельфинов: в период лова рыбы они попадают в сети и не могут из них выбраться.

Каждый вид занимает определенное место в биоценозе, в цепи питания, и заменить его не может никто. Исчезновения того или иного вида ведет к уменьшению устойчивости биоценозов.

Проблема радиоактивного загрязнения возникла в 1945 году. При ядерном взрыве образуется громадное количество мелкой пыли, которая долго держится в атмосфере и поглощает значительную часть солнечной радиации. Расчеты ученых показывают, что даже при ограниченном, локальном применении ядерного оружия образовавшаяся пыль будет задерживать большую часть солнечного излучения. Наступит длительное похолодание («ядерная зима»), которое неизбежно приведет к гибели всего живого на Земле.

Экологические проблемы биосферы – это парниковый эффект, истощение озонового слоя, массовое сведение лесов, которое нарушает процесс круговорота кислорода и углерода в биосфере, отходы производства, сельского хозяйства, производство энергии. Все это ведет к глобальному экологическому кризису и требует незамедлительного перехода к рациональному природопользованию.

Охрана окружающей среды и задачи восстановления природных ресурсов должны предусматривать:

- рациональную стратегию борьбы с вредителями, знание и соблюдение агротехнических приемов, дозировку минеральных удобрений, хорошее знание экологических агроценозов и процессов, происходящих в них, а также на их границах с природными системами;
- совершенствование технологии и добычи природных ресурсов;
- максимально полное и комплексное извлечение из месторождения всех полезных компонентов;
- рекультивацию земель после использования месторождений;
- экономичное и безотходное использование сырья в производстве;
- использование природных заменителей дефицитных минеральных соединений;
- замкнутые циклы производства (разработку и применение);
- применение энергосберегающих технологий;
- разработку и использование новых экологически чистых источников энергии.

Охрана природы и рациональное природопользование – проблема комплексная, и ее решение зависит как от последовательного осуществления государственных мероприятий, направленных на сбережение эко-

систем, так и от расширения научных знаний, которые обществу для собственного благополучия рентабельно и выгодно финансировать.

### **6.3. Контрольные вопросы**

1. Дайте понятие антропогенеза.
2. Что называют географической средой?
3. Как возникновение человека повлияло на биосферу?
4. Кто из ученых ввел понятие ноосфера?
5. В чем суть учения Вернадского о ноосфере?
6. Что изучает экология?
7. Перечислите основные проблемы экологии.
8. Каковы выходы человечества из экологического кризиса?
9. Что понимают под рациональным природопользованием?
10. Каковы перспективы развития человечества в современных экологических условиях?

# ЗАДАЧИ К ГЛАВАМ

## 1.1. Примеры решения задач

**Задача 1.** Определить частоту света, излучаемого атомом водорода при переходе электрона на уровень с главным квантовым числом  $i = 2$ , если радиус орбиты электрона изменился в 9 раз.

*Решение:*

Частота света, излучаемая атомом водорода, определяется формулой

$$\nu = R \cdot \left( \frac{1}{i^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

где  $R$  – постоянная Ридберга;

$n$  – номер орбиты, с которой переходит электрон;

$i = 2$  – номер орбиты, на которую переходит электрон.

Из формулы  $r_n = n^2 \cdot \frac{h^2 \cdot E_0}{\pi \cdot m_e \cdot e^2}$  для радиуса орбиты следует, что

$$\frac{i^2}{n^2} = \frac{r_i}{r_n} = \frac{1}{9}.$$

Таким образом, получим формулу для определения частоты света:

$$\nu = R \cdot \left( 1 - \frac{i^2}{n^2} \right) \cdot \frac{1}{i^2}.$$

*Вычисления:*

$$\nu = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ c}^{-1} \cdot \left( 1 - \frac{1}{9} \right) \cdot \frac{1}{4} = 0,73 \cdot 10^{15} \text{ c}^{-1}.$$

*Ответ:*  $\nu = 0,73 \cdot 10^{15} \cdot \text{c}^{-1}$ .

**Задача 2.** Определить длину волны де Бройля, если кинетическая энергия электрона равна  $0,5 \text{ кэВ}$ .

*Решение:*

Длина волны де Бройля определяется по формуле  $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$ .

Из выражения для кинетической энергии  $E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$  найдем

$$v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}}, \text{ получим } \lambda = \frac{h}{m \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot E_k}{m}}} = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot E_k \cdot m}}.$$

Вычисления:

$$\lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}}{\sqrt{2 \cdot 0,8 \cdot 10^{-16} \text{ Дж} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} = 5,5 \cdot 10^{-10} \text{ м}.$$

Ответ:  $\lambda = 5,5 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ .

## 1.2. Задачи для самостоятельного решения

1. Во сколько раз меняются радиус орбиты электрона и энергия атома водорода при переходе из состояния  $n = 5$  в состояние  $i = 1$ ?
2. Каковы скорость и ускорение электрона на первой боровской орбите?
3. Вычислить период обращения электрона на первой боровской орбите в атоме водорода.
4. Вычислить скорость электрона, находящегося на третьем энергетическом уровне в атоме водорода.
5. При переходе электрона в атоме водорода из возбужденного состояния в основное радиус орбиты электрона уменьшается в 16 раз. Определите длину волны излученного фотона.
6. Определите длину волны де Бройля электрона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов  $10^3 \text{ В}$ .
7. Найти длину волны де Бройля молекулы водорода, движущейся со средней квадратичной скоростью при температуре  $300 \text{ К}$ . Масса молекулы водорода  $3,4 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ .

## 1.3. Примеры решения задач

**Задача 1.** Вычислить дефект массы и энергию связи ядра  ${}^7_1\text{N}^{14}$ .

*Решение:*

$$\text{Дефект массы ядра} \quad \Delta m = Z \cdot m_{\text{H}} + (A - Z) \cdot m_{\text{n}} - m_{\text{a}},$$

где  $m_{\text{H}}$  – масса нейтрального атома водорода.

*Вычисления:*

Используя табличные значения для изотопа азота  ${}^7_1\text{N}^{14}$ , находим  $\Delta m = [7 \cdot 1,00781 + (14 - 7) \cdot 1,00867 - 14,00304] \text{ а.е.м.} = 0,11232 \text{ а.е.м.} = 0,186 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ .

Энергия связи ядра:

$$E_{\text{св}} = \Delta m c^2 = 0,186 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ м}^2/\text{с}^2 = 1,67 \cdot 10^{11} \text{ Дж} = 104,3 \text{ МэВ}.$$

**Задача 2.** Выделяется или поглощается энергия при ядерной реакции  ${}^{59}_{27}\text{Co} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{60}_{27}\text{Co} + \gamma$ ? Вычислить эту энергию.

*Решение:*

Для вычисления энергии ядерной реакции необходимо определить дефект массы  $\Delta m$  реакции. Если  $\Delta m$  выражать в а.е.м., то  $\Delta E = 931 \Delta m$  [МэВ].

Дефект массы  $\Delta m = (M_1 + m_n) - M$ .

Так как число электронов до и после реакции сохраняется, то вместо значения масс ядер воспользуемся значениями масс нейтральных атомов:

$\Delta m = [(58,95182 + 1,00893) - 59,95250]$  а.е.м. = 0,008825 а.е.м.

Реакция идет с выделением энергии, так как  $\Delta m > 0$ .

*Вычисления:*

$\Delta E = 931 \text{ МэВ} / \text{а.е.м.} \cdot 0,008825 \text{ а.е.м.} = 7,66 \text{ МэВ}$ .

## 2.1. Задачи для самостоятельного решения

1. Какая энергия выделяется при образовании  $^4\text{He}$  гелия из протонов и нейтронов?

2. Вычислить дефект массы, энергию связи ядра атома и его удельную энергию  $^{24}\text{Mg}$ .

3. Период полураспада радия равен 1600 лет. Чему равно среднее время жизни ядра радия?

4. При бомбардировке ядер бора  $^{11}\text{B}$  протонами получается бериллий  $^8\text{Be}$ . Какое еще ядро образуется при этой реакции?

5. Масса дейтрона равна 2,01356 а.е.м. Найти энергию связи.

## 3.1. Примеры решения задач

**Задача 1.** Наблюдатель движется мимо метровой линейки со скоростью, равной половине скорости света. Какой длины по его измерениям окажется эта линейка?

*Решение:*

$$l' = l \sqrt{1 - \beta^2} = (100 \text{ см}) \cdot \sqrt{1 - (0,5)^2} = 86,6 \text{ см} .$$

**Задача 2.** Примем, что скорость движения наблюдателя мимо метровой линейки в предыдущем примере уменьшилась до 30м/с (~ 100 км/ч). Какую длину линейки он теперь измерит?

*Решение:*

$$l' = 100 \text{ см} \cdot \sqrt{1 - \left( \frac{3 \cdot 10^3 \text{ см/с}}{3 \cdot 10^{10} \text{ см/с}} \right)^2} = 100 \text{ см} .$$

Из этих примеров видно, что сокращение длины не имеет практических следствий для нашей повседневной жизни.

**Задача 3.** Чему равно относительное возрастание массы реактивного лайнера, летящего со скоростью 1000 м/ч?

*Решение:*

$$\beta = \frac{v}{c} = \frac{2,8 \cdot 10^4 \text{ см/с}}{3 \cdot 10^{10} \text{ см/с}} \approx 10^{-6}, \Rightarrow \frac{\Delta m}{m_0} \approx \frac{1}{2} \beta^2 = 0,5 \cdot 10^{-12}, \text{ то}$$

есть масса возрастает на совершенно ничтожную величину.

**Задача 4.** Чему равна масса электрона с энергией 2 МэВ?

*Решение:*

Вычислим энергию покоя электрона:

$$m_0 c^2 = 9,1 \cdot 10^{-28} \text{ г} (3 \cdot 10^{10} \text{ см/с})^2 = 8,2 \cdot 10^{-7} \text{ эрг} \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-6} \text{ эрг/Мэ}} = 0,51 \text{ ММэ}.$$

Кинетическая энергия электрона в единицах  $m_0 c^2$  равна  $E_k = 2 \text{ МэВ}$ .

$$E_k = 2 \text{ МэВ} \cdot \frac{m_0 c^2}{0,51 \text{ МэВ}} \approx 4 m_0 c^2.$$

Следовательно, масса электрона с энергией 2 МэВ приблизительно в 5 раз превышает массу покоящегося электрона.

### 3.2. Задачи для самостоятельного решения

1. 1 грамму воды сообщено 10 калорий тепла. Насколько увеличится масса воды?

2. Допустим, что скорость света внезапно уменьшилась до 50 км/ч. Как при этом изменилось бы то, что мы наблюдаем в окружающем мире? Приведите несколько примеров.

3. Мотоциклист проносится мимо Вас со скоростью  $2,5 \cdot 10^{10}$  км/ч. Изобразите на рисунке, каким вам покажется мотоциклист. Будет ли ваш вид казаться обычным мотоциклисту?

4. Объясните, могут ли двойные звезды излучать гравитационные волны?

5. Ракета движется относительно неподвижного наблюдателя со скоростью  $V = 0,99 c$  ( $c$  – скорость света). Какое время пройдет по часам неподвижного наблюдателя, если по часам, движущимся вместе с ракетой, прошел один год? Как изменятся линейные размеры в ракете (в направлении ее движения) для неподвижного наблюдателя?

6. Электрон движется со скоростью  $0,8c$  ( $c$  – скорость света). Масса покоя электрона равна приблизительно  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг. Определите энергию покоя электрона (в джоулях и электрон-вольтах), массу электрона, его полную и кинетическую энергию.

7. Чему равно релятивистское сокращение метрового стержня, который мог бы двигаться мимо нас со скоростью  $1,8 \cdot 10^8$  м/с? (0,2 м).

8. Во сколько раз движущийся со скоростью  $V = 0,99c$  электрон тяжелее покоящегося? (22,4 р).

9. Какому изменению массы соответствуют изменения энергии на 1 Дж ( $1,1 \cdot 10^{-17}$  кг)?

10. Тело движется со скоростью  $2 \cdot 10^8$  м/с. Во сколько раз увеличится при этом плотность тела?

#### 4.1. Примеры решения задач

**Задача 1.** Груз массой 3 кг поднимается с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ . Определите работу, производимую в 1,5 с от начала подъема.

*Решение:*

Высота, на которую груз поднимается за первые секунды,  $t$  с:

$$h = \frac{at^2}{2}.$$

На груз действуют две силы – сила тяжести  $mg$  и сила  $T$  натяжения троса:

$$T - mg = ma,$$

отсюда

$$T = m(a + g).$$

Произведенная лебедкой работа равна

$$A = Th = m(g + a) \frac{at^2}{2},$$

$$A = 3000 \text{ кг} (9,8 \text{ м/с}^2 + 2,0 \text{ м/с}^2) \frac{2 \text{ м/с}^2 \cdot 1,5^2 \text{ с}^2}{2} = 79650 \text{ Дж}.$$

**Задача 2.** Найдите среднюю кинетическую энергию поступательного движения одной молекулы гелия, имеющего при давлении 100 кПа плотность  $0,12 \text{ кг/м}^3$ .



*Решение:*

Воспользуемся основным уравнением кинетической теории газов:

$$p = \frac{2}{3} n \overline{W}_0. \quad (4.1)$$

Число молекул в единице объема:

$$n = \frac{N_A}{\mu} \rho, \quad (4.2)$$

где  $\mu$  – молярная масса;

$\rho$  – плотность.

Из формул (1) и (2) следует:

$$\overline{W}_0 = \frac{3}{2} \frac{p}{n} = \frac{3}{2\rho} \frac{p\mu}{N_A}. \quad (4.3)$$

Учитывая данные задачи и табличные значения, а именно:

$$p = 100 \text{ кПа} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Па}; \quad \rho = 0,12 \text{ кг/м}^3, \\ \mu = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; \quad N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1},$$

и подставляя их в формулу (3), получим:

$$\overline{W}_0 = 8,3 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}.$$

## 4.2. Задачи для самостоятельного решения

1. Определите работу, которую необходимо совершить, чтобы тело массой 5000 кг, находящееся на поверхности Земли, отправить в межпланетное пространство ( $3 \cdot 10^{11}$  Дж).

2. Найдите момент инерции Земли относительно оси вращения, приняв ее за шар радиуса 6400 км с массой  $6 \cdot 10^{24}$  кг ( $9,8 \cdot 10^{37}$  кг·м<sup>2</sup>).

3. Тело запускают на полюсе Земли строго по вертикали с первой космической скоростью 8 км/с. На какое максимальное расстояние от поверхности Земли удалится это тело?

4. Какая часть атмосферного кислорода Земли израсходуется при сжигании двух миллиардов тонн угля?

5. Оценить давление в центре Земли.

## 5.1. Примеры решения задачи

1. Сравнить электростатическую и гравитационную силы, действующие между электроном и протоном.

*Решение:*

Обе силы – электростатическая и гравитационная – зависят от расстояния между электроном по закону  $\frac{1}{R^2}$ :

$$F_{эл} = -k \frac{q_1 q_2}{R^2}; F_{гп} = G \frac{m_1 m_2}{R^2}.$$

Следовательно, их отношение не зависит от расстояния между телами:

$$\frac{F_{эл}}{F_{гп}} = -k \frac{q_1 q_2}{m_1 m_2 G},$$

где  $k = \frac{1}{9 \cdot 10^9} \frac{Н \cdot м^2}{Кл^2}$ ,  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{Н \cdot м^2}{кг^2}$ .

В случае взаимодействия электрона и протона это отношение примет вид

$$\frac{F_{эл}}{F_{гп}} = \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{9 \cdot 10^9 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1,67 \cdot 10^{-26}} = 2,3 \cdot 10^{39}.$$

Таким образом, электростатическая сила между элементарными частицами гораздо больше гравитационной силы. Поэтому в атомах существенна только электростатическая сила. В ядрах действуют мощные ядерные силы, которые превосходят электростатические силы, но все же не в такой степени, чтобы последними можно было полностью пренебречь.

Многие важные ядерные эффекты обусловлены электростатическими силами.

## 5.2. Задачи для самостоятельного решения

1. Чему равен гравитационный потенциал поля тяготения Земли на лунной орбите?
2. Чему равен гравитационный потенциал поля тяготения на Земле.
3. Электрический потенциал в некоторой точке пространства равен 800 ед. СГС. Какую потенциальную энергию имеют в этой точке электрон и протон?
4. Во сколько раз сила гравитационного притяжения между двумя протонами меньше их силы электростатического отталкивания? Заряд протона  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, масса протона  $1,7 \cdot 10^{-27}$  кг (В  $1,25 \cdot 10^{36}$  раз).

5. Электрон, прошедший ускоряющую разность потенциалов 500 В, попал в вакууме в однородное магнитное поле и движется по окружности радиусом 10 см. Определите величину напряженности магнитного поля, если скорость электрона перпендикулярна вектору напряженности магнитного ( $H=600$  А/м).

### 6.1. Примеры решения задач

1. Давление монохроматического света с длиной волны  $\lambda = 0,6$  мкм на черную поверхность равно  $10^{-7}$  н/м<sup>2</sup>. Сколько фотонов падает каждую секунду на 1 м<sup>2</sup> поверхности?

*Решение:*

Давление света определяется формулой

$$p = \frac{J}{c} (1 + \rho),$$

где  $J = \frac{\Phi}{S}$  – энергетическая освещенность поверхности;

$\rho$  – коэффициент отражения, для черной поверхности  $\rho = 0$ ;

$c$  – скорость света.

Известно, что поток излучения  $\Phi = nh\nu$ , следовательно:

$$p = \frac{nh\nu}{cs} = \frac{nh \frac{c}{\lambda}}{cs} = \frac{nhc}{c\lambda s} = \frac{nh}{\lambda s},$$

отсюда  $n = \frac{p\lambda s}{h}$

$$n = \frac{10^{-7} \cdot 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{6,62 \cdot 10^{-34}} \approx 9 \cdot 10^{19} \text{ с}^{-1}.$$

*Ответ:*  $n \approx 9 \cdot 10^{19} \text{ с}^{-1}$ .

2. Найти энергию и длину волны излучения, масса фотонов которого равна массе покоя электрона.

*Решение:*

Энергия фотона  $E = h\nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$ . Масса фотона  $m = \frac{E}{c^2}$  по условию

равна массе покоя электрона  $m = m_e$ . Тогда энергия фотона при этом должна быть:

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{hc}{m_e c} = \frac{h}{m_e}.$$

Вычислим энергию фотона:

$$E = 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \approx 8,2 \cdot 10^{-14} \text{ Дж.}$$

Длина волны излучения:

$$\lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^8} \approx 2,4 \cdot 10^{-12} \text{ м.}$$

*Ответ:*  $E = 8,2 \cdot 10^{-14} \text{ Дж.}$   $\lambda \approx 2,4 \text{ Пм.}$

## 6.2. Задачи для самостоятельного решения

1. Работа выхода электрона из калия равна  $3 \cdot 10^{-19}$  Дж. Будет ли наблюдаться фотоэффект при освещении калия светом с длиной волны 0,7 мкм?

2. Определите энергию, массу и импульс фотона видимого света с длиной волны  $\lambda = 500$  нм.

3. Протон летит со скоростью  $4,6 \cdot 10^4$  м/с. Какая длина волны соответствует этому протону?

4. На поверхность площадью  $100 \text{ см}^2$  падает 63 Дж световой энергии. Найти величину светового давления в случаях, когда поверхность полностью отражает все лучи, полностью поглощает все лучи.

5. На какую поверхность – чёрную или белую – лучи оказывают большее давление?

6. Солнце находится на высоте  $30^\circ$  над горизонтом. Вычислить освещённость земной поверхности, если известно, что при нахождении Солнца в зените освещённость земной поверхности равна 10 000 лк.

7. На горизонтальном дне озера глубиной 1,8 м лежит плоское зеркало. На каком расстоянии  $S$  от места вхождения луча в воду этот луч выйдет на поверхность воды после отражения от зеркала? Угол падения луча  $30^\circ$ .

8. Какому числу колебаний в секунду соответствует длина волны 800 нм?

9. Длина волны красных лучей в воздухе 700 нм. Какова длина волны этих лучей в воде?

10. Найти наибольший порядок спектра для жёлтой линии натрия с длиной волны 589 нм, если период дифракционной решётки равен 2 м.

## 7.1. Примеры решения задачи

1. Камень массой 10 кг упал с высоты 20 м на землю. Температура камня и окружающей среды 20 градусов по шкале Цельсия. Определите изменение энтропии системы камень – Земля.

*Решение:*

Падение камня – процесс необратимый. Изменение энтропии в этом процессе можно найти, используя первое начало термодинамики:

$$\Delta Q = \Delta U + A.$$

Так как  $\Delta Q = T\Delta S$ , то  $T\Delta S = \Delta U + A$ .

По условию задачи температура, а следовательно, и внутренняя энергия не изменяются ( $\Delta U = 0$ ). Работа  $A$  равна изменению потенциальной энергии камень – Земля:

$$A = \Delta E_{\text{пот}} = mgh.$$

Поэтому  $T\Delta S = mgh$ .

Отсюда

$$\Delta S = mgh/T, \Delta S = 6,688 \text{ Дж/К}.$$

## 7.2. Задачи для самостоятельного решения

1. Температура нагревателя в три раза выше температуры холодильника. Какую часть энергии, полученной в цикле Карно от нагревателя, газ отдает холодильнику?

2. Докажите, что при смешении двух одинаковых количеств воды с различной температурой энтропия системы возрастает.

3. Определите изменение энтропии при самопроизвольном изотермическом сжатии 1 моля кислорода от объема  $V_0$  до объема  $0,5 V_0$ .

## 8.1. Примеры решения задач

1. В найденных палеонтологических остатках мамонта содержится 5,25% радиоактивного углерода ( $^{14}\text{C}$ ) от первоначального его количества в живых тканях. Определите геологический возраст мамонта с помощью углеродных часов. Период полураспада  $^{14}\text{C}$  равен 5360 лет.

*Решение:* а) Принимая первоначальное (исходное) количество  $^{14}\text{C}$  в тканях мамонта за 100% (в момент его гибели), нужно узнать, сколько полных периодов полураспада  $^{14}\text{C}$  потребовалось для уменьшения количества  $^{14}\text{C}$  со 100 до 5,25%. Для этого на графике (см. справочные данные [10] рис. 7) нужно найти точки, близкие к заданной (5,25%):

100% – исходное содержание  $^{14}\text{C}$ ,

50% – содержание  $^{14}\text{C}$  через 1 период полураспада,

25% – содержание  $^{14}\text{C}$  через 2 периода полураспада,

12,5% – содержание  $^{14}\text{C}$  через 3 периода полураспада,

6,25% – содержание  $^{14}\text{C}$  через 4 периода полураспада,

5,25% – заданная величина,

3,125% – содержание  $^{14}\text{C}$  через 5 периодов полураспада.

До образования остатка  $^{14}\text{C}$  в количестве 5,25% прошло 4 полных периода полураспада, или  $5360 \text{ лет} \cdot 4 = 21400 \text{ лет}$ .

б) Найти разницу между двумя точками, ближайшими к заданной величине:  $6,25\% - 5,25\% = 1\%$  (после истечения четырех периодов полураспада количество  $^{14}\text{C}$  продолжало убывать еще на 1%, но уже в пятом периоде полураспада).

в) Вычислить величину распада 1%  $^{14}\text{C}$  в пятом периоде полураспада, в течение которого  $^{14}\text{C}$  уменьшается наполовину, т.е.

$$6,25\% : 2 = 3,125\% - x = 1\% - 5360; \quad x = \frac{1 \cdot 5360}{3 \cdot 125} = 1715 \text{ (лет)}.$$

Это означает, что остатки мамонта пролежали в земле 4 полных периода полураспада  $^{14}\text{C}$  (21 440 лет) и еще 1714 лет пятого периода полураспада. (Точность определения не абсолютная, а с допуском ошибки  $\pm 3\%$  от вычисленного возраста (в данном случае – от 22 455 до 23 855 лет).

*Ответ:* Этот мамонт жил  $21\,440 + 1715 = 23\,155$  (лет) назад, с точностью  $\pm 700$  лет.

## 8.2. Задачи для самостоятельного решения

1. Дано содержание радиоактивного углерода ( $^{14}\text{C}$ ) в найденных палеонтологических остатках: а) древнего оленя – 12 %; б) древней лошади – 6 %; в) древнего быка – 3 %; г) мамонта – 4,125 %.

Определите по углеродным часам геологический возраст этих животных (см. пример решения 1).

*Ответ:* а) 16500 ( $\pm 495$ ) лет; б) 21870 ( $\pm 657$ ) лет; в) 27230 ( $\pm 816$ ) лет; г) 25085 ( $\pm 750$ ) лет.

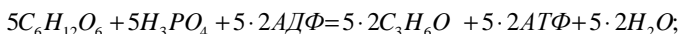
## 9.1. Примеры решения задач

1. В процессе диссимиляции произошло расщепление 7 моль глюкозы, из которых полному (кислородному) расщеплению подверглось только 2 моль. Определите:

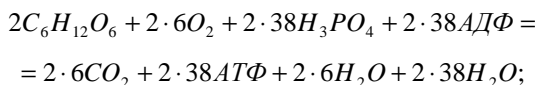
а) сколько молей молочной кислоты и углекислого газа при этом образовано; б) сколько молей АТФ при этом синтезировано; в) сколько энергии и в какой форме аккумулировано в этих молекулах АТФ; г) сколько молей кислорода израсходовано на окисление образовавшейся при этом молочной кислоты.

*Решение:* 1) Из 7 моль глюкозы 2 подверглись полному расщеплению, 5 – неполному ( $7 - 2 = 5$ );

2) составляем уравнение неполного расщепления 5 моль глюкозы:



3) составляем суммарное уравнение полного расщепления 2 моль глюкозы:



4) Суммируем количество АТФ:  $(2 \cdot 38) + (5 \cdot 2) = 86$  моль АТФ;  
5) определяем количество энергии в молекулах АТФ:  $86 \cdot 40$  кДж = 3440 кДж.

*Ответ:* а) 10 моль молочной кислоты, 12 моль  $CO_2$ ; б) 86 моль АТФ; в) 3440 кДж, в форме энергии химической связи макроэнергетических связей в молекуле АТФ; г) 12 моль  $O_2$ .

## 9.2. Задачи для самостоятельного решения

1. В процессе диссимиляции произошло расщепление 17 моль глюкозы, из которых кислородному расщеплению подверглись 3 моль. Определите а, б, в, г как в примере 2.

*Ответ:* а) 28 моль молочной кислоты, 18 моль  $CO_2$ ; б) 142; в) 5680 кДж; г) 18.

2. В результате диссимиляции в клетках образовалось 5 моль молочной кислоты и 27 моль углекислого газа. Определите а) сколько всего молей глюкозы израсходовано; б) сколько из них подверглось только неполному и сколько полному расщеплению; в) сколько АТФ при этом синтезировано и сколько энергии аккумулировано; г) сколько молей кислорода израсходовано на окисление образовавшейся молочной кислоты.

*Ответ:* а) 7 моль; б) 4,5 моль полному + 2,5 моль неполному; в) 176 моль АТФ, 7040 кДж; г) 27.

3. Дана молекула ДНК с относительной молекулярной массой 69000. Зная, что относительная молекулярная масса одного нуклеотида 345, а каждый нуклеотид занимает 0,34 нм, определить число нуклеотидов и длину этой ДНК.

*Ответ:* 200, 68 нм.

4. Мышцы ног при беге со средней скоростью за 1 мин расходуют около 24 кДж энергии. Определите:

а) сколько всего граммов глюкозы израсходуют мышцы ног за 25 мин бега, если кислород доставляется кровью к мышцам в достаточном количестве для полного окисления глюкозы; б) накопится ли в мышцах молочная кислота.

*Ответ:* а) Для образования в мышцах 15 моль АТФ должно произойти кислородное расщепление 71 г глюкозы; б) не накопится; при наличии кислорода молочная кислота полностью окисляется и дает максимум энергии.

## 10.1. Пример решения задачи

1. На основании правила экологической пирамиды определите, сколько нужно планктона (водорослей и бактерий), чтобы в Черном море вырос и мог существовать один дельфин массой 400 кг.

*Решение:* Согласно правилу экологической пирамиды каждая предыдущая ступень требует увеличения в 10 раз, поэтому необходимо 400 т планктона (400 т планктона → 40 т нехищной рыбы → 4 т хищной рыбы → 0,4 т дельфина).

## 10.2. Задачи для самостоятельного решения

1. В двух озерах, которые между собой не сообщаются, живут различные виды рыб: карась, плотва, язь, лещ, судак.

Определите: а) сколько популяций рыб живет в первом озере; б) сколько популяций рыб живет во втором озере; в) сколько видов рыб живет в двух озерах; г) сколько популяций рыб живет в двух озерах.

*Ответ:* а) 5; б) 5; в) 5; г) 10.



## 11.1. Пример решения задачи

4. Как и почему изменится жизнь дубравы в тех случаях, если там:  
а) вырубил весь кустарник; б) химическим способом уничтожили растительных насекомых?

*Решение:* а) Нет места для гнездования насекомоядных птиц → нарушение цепи питания → гибель деревьев, леса; б) уход насекомоядных птиц → гибель леса.

## 11.2. Задачи для самостоятельного решения

1. Предположим, одно растение одуванчика занимает на земле площадь  $10 \text{ м}^2$  и дает в год около 100 летучих семян.

а) Сколько квадратных километров площади покроет все потомство одной особи одуванчика через 10 лет при условии, что он размножается беспрепятственно в геометрической прогрессии?

б) Хватит ли этим растениям на 11-й год места на поверхности суши земного шара? (Площадь всей поверхности земного шара, включая и океаны, составляет 510 млн  $\text{км}^2$ , а площадь суши – 148 млн  $\text{км}^2$ .)

в) Покроет ли этот вид (одуванчик) сплошь хотя бы один материк?

г) Какие формы борьбы за существование вызывает большая плодовитость одуванчика и его размножение по геометрической прогрессии?

*Ответ:* а)  $1 \cdot 10^{12} \text{ км}^2$ ; б) нет, потребовалась бы планета в несколько раз больше Земли; в) нет; г) все формы.

# **ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»**

## **Предисловие**

Изучение дисциплины «Концепции современного естествознания» преследует цель ознакомления студентов с основополагающими концепциями различных естественных наук, складывающихся в единую картину мира с наиболее универсальными методами и законами современного естествознания.

Основными задачами курса КСЕ в ВУЗах являются:

1. Изучение и понимание сущности фундаментальных законов природы.

2. Понимание происхождения и сущности жизни, принципов основных жизненных процессов, организация биосферы, роли человека в ее эволюции.

Материал курса КСЕ разделен на две части. 1 часть – точное естествознание. 2 часть – происхождение жизни.

В контрольные задания входят вопросы из 1 и 2 частей.

## **Часть 1. Точное естествознание**

1. Физическая картина мира.
  - 1.1. Понятие физической картины мира.
  - 1.2. Развитие представлений о пространстве и времени до Эйнштейна.
  - 1.3. Концепция атомистического строения вещества.
  - 1.4. Космология и космогония.
  - 1.5. Корпускулярно-волновые свойства света.
  - 1.6. Теория порядка и хаоса.
  - 1.7. Концепция элементарных частиц и «большого взрыва».

## **Часть 2. Происхождение жизни**

2. Биохимическая эволюция.
  - 2.1. Общекосмический характер возникновения жизни.
  - 2.2. Планетарная причина зарождения жизни.
  - 2.3. Земля- планета жизни.
  - 2.4. Биосфера Земли.
  - 2.5. Системы управления в биологии.

2.6. Человек и биосфера.

2.7. Возникновение клетки. Эволюция клеточной структуры.

3. Кризис современной науки.

3.1. Синергетика, ее характеристики по Хакену и идеи самоорганизации.

3.2. Диссипативные структуры по Пригожину как основа междисциплинарного направления в современной науке

3.3. Идеи трандисциплинарности в современной науке.

## **ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

### ***А – Вариант № 1***

1. Причины возникновения науки в Греции.

2. В чём проявляется двойственный характер науки? Приведите собственные примеры. Правомерны ли запреты на проведение научных исследований в той или иной области науки? Обоснуйте ваш ответ.

3. Что такое трофическая цепь? Поясните роль продуцентов, консументов и редуцентов в экологической системе.

4. Перечислите критерии научности знания. Какие факты могут считаться научными?

5. Какие типы галактик вы знаете, и как они отличаются по составу и численности звезд, по содержанию пыли и газа, по характеру движения звезд?

6. Химические связи и превращения молекул. Какие виды химических связей вам известны? Как они могут быть объяснены с точки зрения строения атомов?

7. Тройные системы и приливное гравитационное притяжение.

8. Особенности человека как биологического вида.

9. Каким способом в древности впервые измерили радиус Земли?

10. Генетическая программа. Понятие о генотипе и фенотипе; современные представления о геноме.

### ***Б – Вариант № 2***

1. В различных областях неба астрономы встречают такие близко расположенные друг к другу галактики, которые проходят или непременно пройдут друг сквозь друга. Допустим, что происходит столкновение двух спиральных галактик сравнимой массы и размера. К каким последствиям это может привести? (Рассмотреть на основе двух составляющих галактик: звездной и газовой составляющей).

2. Что такое экологический фактор? Перечислите основные абиотические и биотические факторы.

3. Что такое научная теория, чем она отличается от гипотезы? Каким требованиям должна удовлетворять научная гипотеза?

4. Динамика процессов в биосистемах. (Конкуренция – сосуществование).
5. Химические реакции и энтропия. Поясните преобразование энтропии и энергии в эндо- и экзотермических реакциях. Может ли в химических реакциях убывать энтропия?
6. Объясните противоречия в теории излучения абсолютно черного тела, которые сложились к началу XX века.
7. Особенности ДНК, РНК.
8. Динамический хаос. Общие свойства. Переходы порядок – хаос.
9. Что представляет собой система Птолемея?
10. Объясните принципы верификации и фальсификации. Где они используются?

### **В – Вариант № 3**

1. Назовите и объясните основные типы взаимоотношений между животными в биоценозе. Сформулируйте закон Либиха. Что такое лимитирующие факторы? Поясните.
2. В чём коренное отличие индукции и дедукции, анализа и синтеза? Приведите примеры.
3. Дать определение научной революции. Чем отличаются глобальные научные революции от локальных? Назовите основные черты естественно научных революций. Привести примеры.
4. Модели будущего Вселенной.
5. Химическое равновесие и цепные реакции. Поясните понятие химического равновесия, обратимой и необратимой реакции. Приведите примеры.
6. Поясните понятие цепной реакции, разветвлённой цепной реакции. Приведите примеры.
7. Понятие физической картины мира.
8. Почему сущность и источники движения были отнесены к основным мировым загадкам.
9. В чём заключается особенность применения II начала термодинамики к живым системам?
10. Как иммунология и биохимия помогают установить родство человека с другими видами отряда приматов?

### **Г – Вариант № 4**

1. Негэнтропийный взгляд на экологические проблемы.
2. Роль космологии в естественнонаучных революциях. Первая естественнонаучная революция.
3. Роль агрессии в эволюции видов. Проведите сравнительную характеристику между межвидовой и внутривидовой агрессией.

4. Возможность управления химическими реакциями. Рассмотреть метод молекулярных пучков и влияние магнитных полей на химические реакции.

5. Дайте понятие динамического хаоса и фазового пространства. Что такое складки фазового пространства, и как они возникают?

6. Объясните, как удерживается высокотемпературная плазма в ограниченном объеме звезды.

7. Опишите кратко историю формирования рас.

8. В чем суть теоремы Пригожина для открытых термодинамических систем при неизменных условиях?

9. Объясните образование структур во Вселенной.

10. Опишите первичную атмосферу земли. Укажите ее химический состав.

### **Д, Я – Вариант № 5**

1. Какова роль озонового слоя? В чём заключается опасность хлорфторуглеродов? Опишите кратко механизм образования «кислотных дождей».

2. Дать определение научной революции. Вторая глобальная естественнонаучная революция. (Основные открытия, представители).

3. О каких парадоксах расширяющейся Вселенной вы знаете?

4. Математическая модель отношений хищник – жертва и симбиоз.

5. Реакция горения. Обязательно ли горение связано с наличием воздуха?

6. Поясните цель введения принципа элементарного беспорядка в молекулярно – кинетическую теорию и достигнутый результат.

7. Перечислите основные доказательства единства происхождения человечества.

8. Как связаны между собой информация и энтропия?

9. Что означает переход живой системы в равновесное состояние?

10. Проведите сравнительную характеристику планет земной группы и планет гигантов.

### **Е, Ю – Вариант № 6**

1. Объясните термин «эволюционно-синергетическая парадигма». Что такое микроэволюция и макроэволюция?

2. Понятие научной революции. Третья глобальная естественнонаучная революция. (Основные открытия, представители).

3. Образование Солнечной системы (разобрать различные теории, не менее трёх).

4. Главная задача химии и основные этапы её развития.

5. Теория катастроф. Признаки катастроф: пороговость; бимодальность; неустойчивость по начальным данным; гистерезис; чувствительность.

6. Роль эндокринной и нервной систем в осуществлении целостных реакций организма животных. Рассмотрите схему управляющего контура и объясните ее на примере нервной и эндокринной систем.

7. Как распределяется энергия внутри вещества. Дайте понятие внутренней энергии.

8. Какие условия считаются необходимыми для возникновения жизни в результате биохимической эволюции?

9. Объясните понятия расы, этноса, нации. Какие понятия связаны с биологическими особенностями, а какие – с социально-культурными?

10. Что является проявлением энтропии в социальных и экономических системах?

### **Ж, Х – Вариант № 7**

1. Что является результатом естественного отбора? Назовите формы естественного отбора. Что такое стабилизирующий и движущий отбор?

2. Что такое редуccionизм и холизм в естествознании? В чём основное отличие фундаментальных и прикладных наук?

3. Назовите особенности натурфилософской стадии познания мира. В чём заключаются ценность и недостатки натурфилософии?

4. Первые модели мира (рассмотреть представления народов Древнего Востока).

5. Концепция эволюционной химии и самоорганизация эволюционных систем.

6. Диффузия и осмос. Объясните, от чего зависит осмотическое давление.

7. Рассмотрите концепции прерывистой эволюции. Законы генетики и эволюции.

8. Объясните, почему судьба звезды зависит от ее массы. Рассмотрите все известные конечные стадии развития звезд. Оформите в виде таблицы.

9. Научные понятия и научные абстракции.

10. В чем заключается основная проблема объяснения перехода от «неживого» к «живому»?

### **З, Ц – Вариант № 8**

1. Чем отличается методология от метода? (Перечислите общенаучные методы).

2. Назовите особенности аналитической и синтетической стадий познания мира. Что такое “эмпирическое знание”. Приведите примеры.

3. Назовите главное свойство времени. Поясните понятие “стрела времени”. Что такое космологическая стрела времени? Термодинамическая стрела времени? Психологическая стрела времени?

4. Перечислите и поясните уровни организации живых систем.

5. Понятие Вселенной. Рассмотрите структурную самоорганизацию Вселенной.

6. Атмосфера и океан как сильно неравновесные системы.

7. Почему, после появления уравнений Максвелла, перешли от механической к электромагнитной картине мира? Как передавались взаимодействия в той и другой картинах мира?

8. Единство и разнообразие клеточных типов у эукариотов. Митоз и мейоз. Их эволюционное значение.

9. Почему нейтронные звезды называют пульсарами?

10. Почему механика Галилея может справедливо рассматриваться как основа механики Ньютона?

### **И – Вариант № 9**

1. Дайте определение методов эмпирического и теоретического познания, и перечислите их.

2. Объясните понятие тепловой смерти Вселенной. Что такое флуктуация? В чём заключается флуктуационная гипотеза Больцмана?

3. В чём заключается особенность структурных уровней в биологии по сравнению со структуризацией материи в физике?

4. Антропный принцип (слабая, сильная и сверхсильная формулировки антропного принципа). Провести сравнительную характеристику.

5. Что такое пустота или вакуум, как менялись взгляды на него?

6. Саморегуляция, самообучение, самовоспроизведение, целостные реакции живых систем.

7. Почему звезды, входящие в рассеянные скопления называют молодыми? О чем говорит наличие тяжелых химических элементов в звездах?

8. Возникновение клетки. Эволюция клеточной структуры.

9. Почему теплоемкости газа в процессах при постоянном давлении ( $C_p$ ) и при постоянном объеме ( $C_v$ ) неодинаковы? Кто из ученых впервые обнаружил этот факт?

10. Что такое обратная связь? Поясните понятие положительной и отрицательной обратной связи.

### **К – Вариант № 10**

1. Формы научного познания (дать определения, перечислить все известные формы, привести примеры).

2. Специфика и системность живого (назовите три основных системных свойства живого).

3. Фрактальные структуры в окружающем мире. Приведите примеры фрактальных структур в природе. В чём отличие природных фрактальных структур от их математических представлений? Что такое фрактальный кластер? О каких процессах в природе свидетельствует

образование фрактальных систем: фрактальных кластерах? Обоснуйте ваш ответ.

4. Вселенная. Ранний этап эволюции Вселенной.
5. Понятия “хаос” и “бифуркация”.
6. Какая проблема движения существовала у Аристотеля? Почему учение Аристотеля о движении так долго считалось верным?
7. Воспроизведение организмов. Половое и бесполое размножение: смерть и бессмертие в живой природе.
8. Как проявляются факторы эволюции по отношению к человечеству в настоящее время? Какие эволюционные факторы при этом наиболее существенны?
9. Объясните понятие «ноосферы». Кто впервые ввел это понятие.
10. Почему работа лазера рассматривается как проявление самоорганизации?

### **Λ – Вариант № 11**

1. Пространство, его свойства и жизнь во Вселенной.
2. Что является источником центростремительной силы для планет? Какие зависимости периодов обращения и расстояний от центра следуют из законов всемирного тяготения?
3. Рассчитайте высоту стационарного спутника.
4. На чем основано измерение температуры? Какие шкалы вам известны и как они соотносятся?
5. Виды химических связей и их объяснение с точки зрения строения атомов.
6. Эффект Доплера и его применение. Какую роль этот эффект сыграл в развитии науки?
7. Как была открыта реакция расщепления урана и каково значение этого открытия для судеб человечества?
8. Дайте понятие картины мира и приведите примеры из истории наук.
9. Геохронологическая шкала истории Земли.
10. Оцените давление в центре Земли.

### **М – Вариант № 12**

1. Как определить размеры Земли, расстояния до Луны, Солнца, звезд и галактики?
2. Законы сохранения импульса и момента импульса в микро-, макро- и мегамире.
3. Поясните понятие температуры и теплоты.
4. Поясните гипотезу «тепловой смерти» Вселенной.
5. Поясните роль воды в существовании жизни на Земле.
6. Какие методы использовались для изучения строения ядра? Какие силы удерживают частицы в ядре?



7. Как вы понимаете корпускулярно-волновой дуализм?
8. Каковы модели развития Вселенной вам известны?
9. Определите геофизические условия жизни.
10. Чему равен гравитационный потенциал поля тяготения на Земле?

### **Н, Ч – Вариант № 13**

1. Как определить возраст археологической находки Земли, Вселенной?
2. В каких видах спорта и каким образом используется закон сохранения импульса?
3. Что общего между различными процессами преобразования тепловой энергии в механическую? Идеальный цикл Карно и реальные машины.
4. Каким устройствам соответствует прямой и каким обратный цикл? Приведите примеры.
5. Явления при низких температурах. Почему возникают явления сверхпроводимости и сверхтекучести? Каковы перспективы использования этих явлений?
6. Поясните особенности растворения в воде различных веществ. Какую роль они играют в жизненноважных процессах? Как объяснить явления смачиваемости и капиллярности?
7. Как была открыта ядерная модель атома? Чем вызван отказ от модели атома Резерфорда?
8. Уравнение Шредингера и его значение для развития квантовой механики. Физический смысл волновой функции.
9. Как было открыто явление однородного расширения Вселенной? Какие факты указывают на то, что Вселенная имела «горячее начало»?
10. Сравните электростатическую и гравитационную силы, действующие между электроном и протоном.

### **О, Ш – Вариант № 14**

1. Время и его измерение. С какими движениями связан календарь и что лежит в основе временных единиц – недели, года, месяца?
2. Проанализируйте законы сохранения при взаимодействии шаров с разными и равными массами, скоростями.
3. Как определяются параметры года через микро- и макровеличины? Есть ли между ними связь, если есть, то какая?
4. Покажите, как из 1 и 2 начала термодинамики следует невозможность получения полезной работы от вечных двигателей первого и второго рода.
5. Какие химические элементы являются самыми главными для жизни? За счет каких процессов осуществляется поступление в атмосферу кислорода?

6. Какие элементарные частицы вам известны? Какова их роль и насколько они элементарны?

7. Дисперсия света и спектральный анализ. Их значение для науки.

8. Дайте понятие солнечной активности, оцените, как влияет периодичность ее изменения на нашу планету.

9. Система управления внутриклеточными процессами.

10. Чему равен гравитационный потенциал поля тяготения земли на лунной орбите?

### **II – Вариант № 15**

1. Поясните понятия инертной и гравитационной массы.

2. Поясните понятия фазовые переходы 1 и 2 рода, что лежит в основе классификации.

3. В чем уникальность строения атома углерода и почему он так распространен в соединениях?

4. Формы преобразования энергии и круговорот веществ в природе. Чем они отличаются и что между ними общего?

5. Какие виды взаимодействий вы знаете и какие из них играют важную роль в повседневной жизни?

6. В чем сущность соотношений Гейзенберга?

7. Как происходит образование элементов во Вселенной по модели «большого взрыва»?

8. Использование законов сохранения импульса и момента импульса в современной цивилизации.

9. Экологические проблемы биосферы.

10. Найти энергию и длину волны излучения, масса фотонов которого равна массе покоя электрона.

### **P – Вариант № 16**

1. Перечислите и поясните основные свойства пространства. В чем проявляется однородность и изотропность пространства?

2. Какие виды взаимодействий существуют в природе, чем они характеризуются?

3. В чем сущность закона тяготения Ньютона и почему он назван «всемирным»?

4. Какое состояние системы называется устойчивым, чем оно характеризуется?

5. Поясните понятие обратимого и необратимого процесса. Какие процессы называются квазистатистическими? Приведите примеры.

6. Что представляет атом по современным представлениям? Каким образом описывается состояние электронов в атоме?

7. Поясните концепции дальнего действия и ближнего действия. Какие два вида материи противопоставляются друг другу в классической физике?

8. В ходе каких процессов звезда начинает свое существование? Каким образом время жизни звезды связано с ее массой?
9. Биосинтез белка. Генетический код.
10. Протон летит со скоростью  $4.6 \cdot 10^4$  м/с. Какая длина волны соответствует этому протону?

### **С – Вариант № 17**

1. Как будет развиваться Солнечная система в ближайшие пять миллиардов лет? Какова будущая судьба «земной жизни»?
2. Чему соответствует состояние равновесия и каким образом оно может быть нарушено?
3. Что такое информация, какова ее функция и на чем основывается понимание ее природы?
4. Что происходит с солнечной энергией, падающей на Землю?
5. В чем значение и содержание перехода от геоцентрической к гелиоцентрической системе мира? Какие научные данные способствовали этому?
6. Что означает «эвклидовость» пространства? При каких условиях происходит «искривление» пространства?
7. Как определяются первая и вторая космические скорости?
8. Чем объясняется факт, что массивные небесные тела имеют шарообразную форму?
9. Объясните планетарную причинность зарождения жизни.
10. Длина волны красных лучей в воздухе 700 нм. Какова длина волны этих лучей в воде?

### **Т – Вариант № 18**

1. Что такое теплопередача? Каким образом она происходит?
2. С помощью каких методов измеряются расстояния в микро-, макро- и мегамире?
3. Каким образом закон сохранения импульса отражается на движении планет Солнечной системы?
4. Что представляет собой вещество в газообразном состоянии?
5. Как соотносятся между собой давление, объем и температура идеального газа?
6. По каким законам происходит распространение электромагнитных волн в среде с резкими неоднородностями? Приведите примеры.
7. Какие классы элементарных частиц вам известны? Что лежит в основе их классификации?
8. Что представляет собой процесс фотосинтеза?
9. Что такое светимость звезды? Какому числу колебаний в секунду соответствует длина волны 800 нм?
10. Что такое спектр? Какие виды спектров вы знаете?

### **У, Щ – Вариант № 19**

1. Что представляет собой самоорганизующаяся система?
2. Какие различают этапы для самоорганизующихся систем?
3. Как влияют фундаментальные взаимодействия на разных уровнях организации материи?
4. Какова природа реликтового излучения?
5. Как происходило образование ядер элементов, расположенных после железа в таблице Менделеева?
6. Назовите разновидности материи. Какова между ними связь?
7. Какова структура Солнечной системы?
8. Какова природа земного магнетизма?
9. Информация. Какова ее функция и природа?
10. Определите энергию, массу и импульс фотона видимого света с длиной волны 500 нм.

### **Ф, Э – Вариант № 20**

1. Объясните планетарную причинность зарождения жизни.
2. Назовите основные разновидности материи. Какова между ними связь?
3. Что такое реликтовое излучение и какова его природа?
4. Материалистическая природа эволюции Дарвина и современная гинетика.
5. Основные положения концепции структурных уровней живых организмов.
6. Уровни организации живой материи
7. Фотосинтез. Какие реакции входят в процесс фотосинтеза?
8. Биосфера и солнечная активность.
9. Основные направления в развитии учения о составе вещества.
10. Докажите, что при смешении двух одинаковых количеств воды с различной температурой энтропия системы возрастает.

## ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Мои представления о самоорганизации процессов в природе.
2. Естественно-научная концепция развития и эволюции Вселенной.
3. Этапы образования и развития Вселенной.
4. Информативность – важное свойство самоорганизации.
5. Нуклеосинтез в начальной фазе развития Вселенной.
6. Звездный нуклеосинтез.
7. Разновидности материи и Вселенная.
8. Структура Вселенной.
9. Естественнонаучные взгляды на образование Солнечной системы.
10. Планеты земной группы.
11. Жизнеспособность Земли.
12. Тектоническая активность Земли.
13. Гидросфера и атмосфера Земли.
14. Современный этап развития биологии.
15. Материалистическая теория эволюции Дарвина и современная генетика.
16. Современное представление о наследственности и изменчивости.
17. Важнейшие достижения биологии последних десятилетий.
18. Структурные уровни неживой и живой природы.
19. Современные представления о возникновении жизни на Земле.
20. Уникальность биосферы Земли.
21. Существовала ли биосфера на других планетах Солнечной системы?
22. Основополагающие жизненные системы.
23. Носители наследственности.
24. Достижения генной инженерии.
25. Практические приложения генной инженерии.
26. Эволюционный характер развития биосферы.
27. Трансформация биосферы в ноосферу.
28. Законы сохранения в макро- и микромире.
29. Сравнительный анализ эволюционных теорий в космологии, геологии, биологии.
30. Понятие энтропии и его приложения.
31. Особенности мира элементарных частиц.
32. Пространство и время в классической и релятивистской механике.
33. Галактики. Их строение и эволюции.
34. Научный метод познания мира. Роль гипотез в естествознании.
35. История развития естествознания в средние века.
36. История развития естествознания в эпоху Возрождения.
37. Естествознание в эпоху зарождающегося капитализма.

38. Развитие физики в конце 19 в. и в 20в.
39. Понятие бесконечности в науке и в искусстве.
40. Хаос, порядок и процессы самоорганизации во Вселенной.
41. Самоорганизация и эволюция живых систем.
42. Современная экология как сплав гуманитарных и естественных наук.
43. Глобальные экологические проблемы.
44. Естественно-научные и этические аспекты геной инженерии.
45. Биотехнология. Перспективы развития.
46. Биосоциальные основы поведения человека.
47. Механизмы управления в живой природе и в обществе.
48. Биологические ритмы.
49. Генетическая информация и эволюция жизни как информационный процесс.
50. Геном человека и окружающая среда.
51. Современные теории старения живого организма.
52. Обоснования современной теории эволюцию
53. Проблема происхождения и сущности жизни в истории науки, философии, религии.
54. Проблема внеземной жизни и ее отражение в научной Фантастике.
55. Современные научные взгляды на филогенез.
56. Антропный принцип в современной науке и философии.
57. Соотношение современного эволюционизма с теорией Дарвина.

# **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

## **Основная литература**

Вонсовский, С.В. Современная естественнонаучная картина мира: учеб. пособие для студентов / С.В. Вонсовский. – Ижевск, 2006. – 671–677 с.

Горелов, А.А. Концепции современного естествознания: учеб. пособие для студентов / А.А. Горелов. – М.: Юрайт-Издат, 2009. – 335 с.

Липкин, А.И. Концепции современного естествознания: курс лекций / А.И. Липкин; Рос гум. унт. – М.: РГГУ, 2009. – 127 с.

Найдыш, В.М. Концепции современного естествознания: учебник для студ. вузов / В.М. Найдыш. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Альфа-М, ИНФРА-М, 2009. – 704 с.

Савченко, В.Н. Начало современного естествознания: тезариус: учеб. пособие для студ. вузов / В.Н. Савченко, В.П. Смагин. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 336 с.

Садохин, А.П. Концепции современного естествознания: учебник для студ. вузов / А.П. Садохин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009. – 447 с.

## **Дополнительная литература**

Зимин, А.И. Концепции современного естествознания. Вопросы и ответы: учеб. пособие для студ. вузов / А.И. Зимин. – М.: Юриспруденция, 2007. – 280 с.

Карпенков, С.Х. Концепции современного естествознания: практикум: учеб. пособие для студ. вузов / С.Х. Карпенков. – 4-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2007. – 327 с.

## СЛОВАРЬ ВАЖНЕЙШИХ ТЕРМИНОВ

*Автокатализ* – химические реакции, в которых для синтеза определенного вещества требуется присутствие этого же вещества, которое, ускоряя химическую реакцию, играет роль катализатора.

*Адсорбция* – поглощение вещества из газовой или жидкой среды поверхностным слоем твердого тела (адсорбента) или жидкости.

*Анализ* – познавательная процедура мысленного (или реального) расчленения, разложения объекта на составные элементы в целях выявления их системных свойств и отношений. Анализ тесно связан с противоположным по направлению методом – синтезом.

*Антропогенез* (от греч. *anthropos* – человек и греч. *genesis* – происхождение) – учение о происхождении человека.

*Антропогенетика* – генетика человека.

*Антропология* (от греч. *anthropos* – человек и гр. *logos* – понятие, мысль, разум, учение) – наука о происхождении и эволюции человека и его рас.

*Антропиды* (от греч. *anthropoeides* – человекообразный) – человекообразные обезьяны.

*Атом* – структурный элемент микромира, состоящий из ядра и электронной оболочки.

*Бактерии* (от греч. *bakterion* – палочка) – микроскопические, преимущественно одноклеточные организмы.

*Белки* – высокомолекулярные органические вещества, состоящие из аминокислот и составляющие основу жизнедеятельности всех организмов.

*Биология* (от греч. *bios* – жизнь и *logos* – учение) – совокупность наук о живой природе.

*Биосфера* (от греч. *bios* – жизнь и *sphaîra* – шар) – область активной жизни, в которой живые организмы и среда их обитания органически взаимосвязаны и образуют целостную динамическую систему.



*Близкодействие* – передача взаимодействия от тела к телу, от точки к точке с конечной скоростью.

*Вакуум* (от лат. *vacuum* – пустота) – особое состояние электромагнитного поля при отсутствии возбуждения.

*Вирус* (от лат. *virus* – яд) – мельчайшие неклеточные частицы, состоящие из нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) и белковой оболочки. Резко отличаются от других форм жизни, являются внутриклеточным паразитом.

*Гелиоцентризм* – теория, согласно которой Солнце является центральным телом Солнечной системы, вокруг которого обращаются планеты.

*Ген* (от греч. *genes* – рождающий) – наследственный фактор живого, функционально неделимая единица наследственной информации. По химическому составу гены относятся к нуклеиновым кислотам (ДНК и РНК). Совокупность генов данного организма составляет его *генотип*.

*Генезис* (от греч. *genesis* – происхождение, возникновение) – процесс образования и становления какого-либо природного или социального явления.

*Геном* – совокупность генов, содержащихся в одинарном наборе хромосом данной животной или растительной клетки.

*Географическая среда* – земная природа, включенная в сферу человеческой деятельности.

*Геоцентризм* – теория, указывающая на центральное положение Земли во Вселенной (например теория Аристотеля – Птолемея).

*Гравитационный коллапс* – катастрофическое сжатие массивной звезды под действием сил тяготения после исчерпания в ее недрах источников ядерной энергии. Ведет к образованию пульсара, или «черной дыры».

*Гравитон* – гипотетическая частица гравитационного поля, движущаяся со скоростью света и не имеющая массы покоя (введена для объяснения гравитационного взаимодействия).

*Дальнодействие* – представление, согласно которому действие тел друг на друга передается мгновенно через пустоту на сколь угодно большие расстояния.

*Дискретность* (от лат. *discretus* – разделенный, прерывистый) – прерывность; противопоставляется непрерывности.

*Диссипативные структуры* (от лат. «диссипацию» – рассеивание) – новые структуры, требующие для своего становления большого количества энергии.

*Дифракция* (от лат. *diffraclus* – разломанный) – отклонения волн, возникающие при их распространении в неоднородных средах.

*Длина волны* – расстояние от гребня одной волны до гребня следующей. Волны разной длины соответствуют различным цветам. Длина волны красного цвета 0,00008 см, фиолетового – 0,00004 см. Длина волны мала для световых волн и велика для электромагнитных волн.

*Доплера эффект* – если объект приближается к нам, то частота колебаний исходящих от него волн возрастает, и наоборот.

*Изотропность* (от изо... и греч. *tropos* – поворот, направление) – независимость свойств физических объектов от направления; например изотропность пространства.

*Инвариантность* (от лат. *invarians* – неизменяющийся) – неизменность какой-либо величины при изменении физических условий или преобразований координат.

*Интерференция* – чередование темных и светлых полос спектра при наложении волн в противоположных фазах.

*Катализатор* – вещество, которое влияет на химическую реакцию, оставаясь в итоге неизменным.

*Квazar* – квазизвездный источник энергии, предположительно являющийся протоядром новых галактик. Возможно, представляет собой особую точку Вселенной, в которой сохранилось сверхплотное вещество.

*Квант* – понятие, введенное М. Планком для обозначения элементарной дискретной порции энергии.

*Кварк* – теоретически вычисленная элементарная частица с дробным электрическим зарядом.

*Клетка* – элементарная живая система, основа строения и жизнедеятельности всех живых организмов.

*Континуум* – непрерывное, связанное, целостное единство точек, чисел или физических величин.

*Концепция* (от лат. *conceptio* – понимание, система) – определенный способ понимания, трактовки каких-либо явлений; система взглядов, объясняющих их.

*Корпускула* (от лат. *corpusculum* – частица) – частица в классической (неквантовой) физике.

*Космогония* – (от греч. *kosmogonia*) – учение о происхождении и эволюции космических тел и их систем.

*Космология* – учение о Вселенной как целом, основанное на исследовании той ее части, которая доступна для астрономических наблюдений и других способов ее изучения.

*Космос* – (от греч. *kosmos*) – синоним астрономического определения Вселенной. Выделяют так называемый ближний Космос, исследуемый с помощью космических аппаратов и межпланетных станций, и дальний Космос – мир звезд и галактик.

*Мультиплеты* – группы частиц, возникающих при сильных взаимодействиях.

*Нейтрон* – электрически нейтральная частица, входящая в состав ядра атома.

*Нейтронные звезды* – небесные тела, возникающие в результате того, что оголенные ядра поглощают электроны, превращая свои протоны в нейтроны, которые могут компактно упаковываться, так как нейтральны.

*Ноосфера* – сфера разума, область активного проявления научной мысли как главного фактора воздействия человека на окружающий мир.

*Нуклеиновые кислоты* – носители генетической информации в живых телах.

*Органические вещества* – главный субстрат живых тел, без которого жизнь была бы невозможна.

*Пи-мезоны* – элементарные частицы, с помощью которых осуществляется взаимодействие между частицами, входящими в состав ядер атомов.

*Популяция* – группа организмов, принадлежащих к одному и тому же виду и занимающих обычно четко ограниченную географическую область.

*Прокариоты* (от лат. *pro* – вперед и греч. *karyon* – ядро) – организмы, не обладающие оформленным клеточным ядром и типичным хромосомным аппаратом. К прокариотам относятся бактерии, синезеленые водоросли, риккетсии, микоплазмы.

*Пространственно – временной континуум* – целостное, непрерывное единство пространственных и временных координат.

*Протон* – положительно заряженная частица, входящая в состав ядра атома.

*Пульсар* – космический объект, за доли секунды меняющий свое излучение.

*Симметрия* (греч. соразмерность) – правильность формы или неизменность законов.

*Техносфера* – сфера воздействия техники на природу, весь окружающий человека мир.

*Фотон* – элементарный квант света.

*Эволюция* (от лат. *evolution* – развертывание) – одна из форм движения в природе и обществе; непрерывное, постепенное изменение

и развитие. Представление об эволюции всех форм неживой и живой материи выражается в понятии «универсальный (или глобальный) эволюционизм».

*Экосистема* – устойчивая природная система, образованная живыми организмами и средой их обитания (атмосфера, почва, водоем и т.п.). Характеризуется замкнутым круговоротом веществ и энергии между живыми и неживыми компонентами.

*Электрон* – отрицательно заряженная частица.

*Эукариоты* (от греч. *eu* – хорошо, полностью и *karyon* – ядро) – организмы (все животные, большинство растений), обладающие в отличие от прокариотов оформленным клеточным ядром, отграниченным от цитоплазм ядерной оболочкой.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	1
РАЗДЕЛ I. ТОЧНОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ	
Глава 1. КОНЦЕПЦИЯ АТОМИСТИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ВЕЩЕСТВА.....	7
Глава 2. КОНЦЕПЦИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ И «БОЛЬШОГО ВЗРЫВА» .....	16
Глава 3. КОНЦЕПЦИЯ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ .....	26
Глава 4. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В ПРИРОДЕ И ПРИНЦИПЫ СИММЕТРИИ .....	31
Глава 5. ПОЛЕВАЯ ФОРМА МАТЕРИИ.....	35
Глава 6. КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ .....	43
Глава 7. ТЕОРИЯ ПОРЯДКА И ХАОСА. ЭНТРОПИЯ И ИНФОРМАЦИЯ.....	48
РАЗДЕЛ II. ЖИЗНЬ	
Глава 1. ХИМИЯ ЖИЗНИ.....	55
Глава 2. ЗЕМЛЯ – ПЛАНЕТА ЖИЗНИ .....	64
Глава 3. БИОХИМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ .....	74
Глава 4. БИОСФЕРА ЗЕМЛИ .....	82
Глава 5. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В БИОЛОГИИ .....	90
Глава 6. ЧЕЛОВЕК И БИОСФЕРА .....	99
ЗАДАЧИ К ГЛАВАМ .....	108
ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ» .....	122
ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ .....	123
ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ.....	133
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	135
СЛОВАРЬ ВАЖНЕЙШИХ ТЕРМИНОВ.....	136

Учебное издание

**Родкина Людмила Романовна**  
**Шмакова Елена Эдуардовна**

**КОНЦЕПЦИИ**  
**СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

Практикум

В авторской редакции  
Компьютерная верстка Н.А. Игнатъевой

Лицензия на издательскую деятельность ИД № 03816 от 22.01.2001

Подписано в печать 25.03.2010. Формат 60×84/16.

Бумага писчая. Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,4.

Уч.-изд. л. 9,4. Тираж 500 экз. Заказ

---

Издательство Владивостокский государственный университет  
экономики и сервиса

690600, Владивосток, ул. Гоголя, 41

Отпечатано: множительный участок ВГУЭС

690600, Владивосток, ул. Державина, 57