

хпјСканирование и форматирование: Янко Слава (Библиотека Fort/Da) ||  
[slavaaa@yandex.ru](mailto:slavaaa@yandex.ru) || [yanko\\_slava@yahoo.com](mailto:yanko_slava@yahoo.com) || <http://yanko.lib.ru> || Исq# 75088656 ||  
Библиотека: <http://yanko.lib.ru/gum.html> || Номера страниц - внизу  
update 16.11.06



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ МОСКОВСКАЯ  
ГОСУДАРСТВЕННАЯ ЮРИДИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

А.Ф. Лихин

# КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

УЧЕБНИК



УДК 50(075.8) ББК 20я73 Л65

Л65

**Лихин А. Ф.**

Концепции современного естествознания : учеб. — М ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. - 264 с.

ISBN 5-482-00415-5

В учебнике рассмотрены основные концепции современного естествознания, учебный материал которого соответствует государственному образовательному стандарту (программе) по учебной дисциплине «Концепции современного естествознания» для студентов юридических специальностей.

Предназначен для студентов юридических вузов.

УДК 50(075.8) ББК 20я73

*Учебное издание*

**Лихин Александр Федорович**  
**КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

Учебник

Подписано в печать 01.09.05. Формат 60 х 90 1/16 Печать офсетная. Печ. л. 16,5. Тираж 3000 экз. Заказ № 13.

000 «ТК Велби» 107120, г. Москва, Хлебников пер., д. 7, стр. 2.

Отпечатано на бумаге «АВЕСТА» производства АО «Соликамскбумпром», поставщик ЗАО «Веста-М Трейдинг», тел./факс: (095) 923-51-18, 924-10-59.

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных диапозитивов в ОАО «Можайский полиграфический комбинат».

143200, г. Можайск, ул. Мира, 93.

© А. Ф. Лихин, 2006

© ООО «Издательство Проспект», 2006

## Электронное оглавление

<b>Электронное оглавление.....</b>	<b>5</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>8</b>
<b>Раздел 1. НАУКА КАК СФЕРА ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЕЕ ОСОБЕННОСТИ.....</b>	<b>9</b>
<b>Глава 1.1. НАУКА И ЕЕ РОЛЬ В ОБЩЕСТВЕ .....</b>	<b>9</b>
1.1.1. Наука - это сфера человеческой деятельности, направленная на создание, производство объективных знаний о самом человеке и окружающем его мире (природа, Вселенная в целом) .....	9
1.1.2. Главные черты научных знаний .....	10
1.1.3. Роль науки в обществе.....	12
1.1.4. Дискуссия о роли науки в развитии культуры .....	13
<b>ВЫВОДЫ.....</b>	<b>13</b>
<b>ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ .....</b>	<b>13</b>
<b>Глава 1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ НАУК.....</b>	<b>13</b>
1.2.1. Критерии классификации наук .....	13
1.2.2. Классификация наук по предмету исследования .....	14
Рис. 1. Классификация наук .....	14
1.2.3. Теоретические и эмпирические науки .....	15
1.2.4. Фундаментальные и прикладные науки.....	16
<b>ВЫВОДЫ.....</b>	<b>16</b>
<b>ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ .....</b>	<b>17</b>
<b>Глава 1.3. ОСНОВНЫЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ..</b>	<b>17</b>
1.3.1. Классическая, неклассическая и постнеклассическая наука .....	17
1.3.2. Понятие естественно-научной картины мира.....	18
1.3.3. Античная наука .....	18
1.3.4. Развитие науки в период Средневековья (V-XIV вв. н. э.).....	21
1.3.5. Возрождение.....	23
1.3.6. Новое время - эпоха создания естествознания (XVII -XVIII вв. н.э.).....	24
1.3.7. Развитие естествознания и науки в России.....	26
<b>ВЫВОДЫ.....</b>	<b>28</b>
<b>ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ .....</b>	<b>28</b>
<b>Раздел 2. КОНЦЕПЦИИ КЛАССИЧЕСКОЙ НАУКИ .....</b>	<b>29</b>
<b>Глава 2.1. МЕХАНИЧЕСКАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА .....</b>	<b>29</b>
2.1.1. Понятие детерминизма .....	29
2.1.2. Физика и классическая механика .....	30
2.1.3. Механика Галилея.....	31
2.1.4. Физическая теория И. Ньютона.....	32
2.1.5. Содержательные допущения и следствия механики Галилея - Ньютона.....	34
2.1.6. Механическая картина мира .....	36
<b>ВЫВОДЫ.....</b>	<b>36</b>
<b>ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ .....</b>	<b>37</b>
<b>Глава 2.2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ КАРТИНА МИРА .....</b>	<b>37</b>
2.2.1. Классическая электродинамика .....	37
2.2.2. Кратко об истории изучения магнетизма.....	37
2.2.3. Исследование электрической силы .....	39
2.2.4. Понятие физического поля.....	41
2.2.5. Теория электромагнитных сил Д. Максвелла.....	42
2.2.6. Электромагнитная картина мира .....	42
<b>ВЫВОДЫ.....</b>	<b>43</b>
<b>ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ .....</b>	<b>43</b>
<b>Глава 2.3. КЛАССИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ ЭНЕРГИИ И ВРЕМЕНИ.....</b>	<b>44</b>
2.3.1. Классическая термодинамика .....	44
2.3.2. Энергия .....	45
2.3.3. Законы классической термодинамики.....	47
2.3.4. Энтропия.....	49
2.3.5. Основные следствия термодинамики XIX в. ....	49
2.3.6. «Тепловая смерть» Вселенной.....	50
<b>ВЫВОДЫ.....</b>	<b>51</b>
<b>ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ .....</b>	<b>51</b>
<b>Раздел 3. КОНЦЕПЦИИ НЕКЛАССИЧЕСКОЙ НАУКИ.....</b>	<b>52</b>
<b>Глава 3.1. ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ .....</b>	<b>52</b>
3.1.1. Альберт Эйнштейн.....	52
3.1.2. Опыт Морли - Майкельсона.....	53
3.1.3. Преобразования Лоренца .....	53
3.1.4. Специальная теория относительности (СТО).....	55

3.1.5. Релятивистская механика .....	56
3.1.6. Математическая теория пространства.....	56
Рис. 2 .....	58
Рис. 3 .....	58
Рис. 4. Система координат Гаусса для искривленной поверхности .....	58
Рис. 5. Седловидная поверхность Лобачевского - Больяй.....	59
3.1.7. Геометрия Б. Римана.....	60
Рис. 6. Пространство поколений гражданина S в геометрии Римана.....	60
3.1.8. ОТО основывается на двух принципах или постулатах .....	61
3.1.9. Следствия ОТО .....	62
ВЫВОДЫ.....	63
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ .....	63
<b>Глава 3.2. СОВРЕМЕННОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ О ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАЛЬНОСТИ И СИЛАХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПРИРОДЕ .....</b>	<b>63</b>
3.2.1. Сегодня известно пять сил физического взаимодействия .....	64
3.2.2. Гипотеза М. Планка .....	68
3.2.3. Квантовая механика.....	71
3.2.4. Современная квантовая теория .....	73
3.2.5. Открытие протона и нейтрона привело к созданию протонно-нейтронной модели атома .....	74
3.2.6. Что объяснила протонно-нейтронная модель атома .....	76
3.2.7. Модели объяснения сил физического взаимодействия в атоме.....	77
Таблица 1. Таблица единиц величин размеров .....	82
ВЫВОДЫ.....	82
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ .....	82
<b>Глава 3.3. СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ.....</b>	<b>82</b>
3.3.1. Модели и концепции происхождения Вселенной .....	83
3.3.2. Нерелятивистские модели эволюции Вселенной классической науки .....	84
Рис. 7. Положение некоторых звезд на диаграмме «Спектр - светимость» <sup>1</sup> : горизонталь — классы звезд, вертикаль — светимость звезд .....	88
3.3.3. Релятивистские модели Вселенной .....	89
3.3.4. Модель «Самосогласованной космологии» постнеклассической науки.....	95
ВЫВОДЫ.....	97
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ .....	97
<b>Раздел 4. ПРОБЛЕМЫ И КОНЦЕПЦИИ ПОСТНЕКЛАССИЧЕСКОЙ НАУКИ .....</b>	<b>98</b>
<b>Глава 4.1. СОВРЕМЕННАЯ АСТРОНОМИЯ ОБ ОБЪЕКТАХ ВСЕЛЕННОЙ .....</b>	<b>98</b>
4.1.1. Галактика Млечный Путь.....	99
4.1.2. Звезды .....	102
4.1.3. Солнечная система.....	105
Таблица. Данные о планетах Солнечной системы .....	110
ВЫВОДЫ.....	111
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ .....	111
<b>Глава 4.2. БИОСФЕРА, КЛИМАТ И СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ .....</b>	<b>111</b>
4.2.1. Планета Земля - третья планета Солнечной системы .....	111
4.2.2. Концепции и теории происхождения и эволюции Земли .....	116
4.2.3. Теория литосферных плит.....	118
4.2.4. Гипотезы образования Земли.....	119
4.2.5. Концепция происхождения Луны.....	120
4.2.6. Климат Земли .....	121
ВЫВОДЫ.....	122
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ .....	122
<b>Глава 4.3. ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ОСОБЕННОСТИ .....</b>	<b>122</b>
4.3.1. Наукой о живых системах является биология .....	122
4.3.2. Уровни организационной сложности живых систем .....	123
4.3.3. Единство химического состава всего живого .....	124
4.3.4. Единство органического строения.....	125
Генетический код .....	127
Рис. 8. Строение ДНК: .....	127
Транскрипция (лат. <i>transcriptio</i> — перенесение) .....	128
Рис. 9. Строение клетки по данным электронной микроскопии.....	128
4.3.5. Клеточное строение .....	130
Клетка.....	131
Хромосомы .....	131
Рис. 10. Идеограмма хромосом мужчины и женщины .....	132
Правила хромосом .....	132
4.3.6. Существенные свойства деления клеток организмов .....	133
Мейоз .....	133
4.3.7. Генетика и геном человека.....	134

4.3.8. Клонирование.....	138
4.3.9. Определение жизни .....	140
<b>ВЫВОДЫ</b> .....	141
<b>ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ</b> .....	141
<b>Глава 4.4. ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЖИЗНИ И ЧЕЛОВЕКА ..</b>	<b>141</b>
4.4.1. Концепции происхождения жизни .....	141
4.4.2. Концепции биологической эволюции .....	148
4.4.3. Антропогенез.....	150
<b>ВЫВОДЫ</b> .....	154
<b>ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ</b> .....	154
<b>Глава 4.5. ЧЕЛОВЕК, ЕГО БУДУЩЕЕ В СВЕТЕ ДОСТИЖЕНИЙ СОВРЕМЕННОГО</b>	
<b>ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ .....</b>	<b>154</b>
4.5.1. О прогнозах развития естествознания.....	154
4.5.2. Нанотехнология .....	156
4.5.3. Исследование человеческого мозга.....	156
4.5.4. Генетика.....	158
4.5.5. Долголетие.....	159
4.5.6. Биоэтика.....	159
4.5.7. Энергетика.....	160
4.5.8. Направления изучения происхождения жизни.....	161
4.5.9. Правовые аспекты развития естествознания в XXI в.....	161
<b>ВЫВОДЫ</b> .....	161
<b>ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ</b> .....	162
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>163</b>
<b>СОДЕРЖАНИЕ .....</b>	<b>164</b>

## ВВЕДЕНИЕ

**Термин «наука»** по своему логическому объему шире термина «естествознание». Термин «естествознание» получил широкое распространение в языке общения исследователей природы в XVII в. Содержание терминов изменялось на основе осмысления исторического развития науки в целом. На некоторых исторических этапах развития науки под естествознанием понимались все знания, имеющие научное содержание.

Сегодня, когда говорят о естествознании, речь идет о системе научных знаний, которая создается целым комплексом естественных наук (физика, биология, астрономия и другие) о природе, эволюции Вселенной и о самом человеке как активном природном, биологическом существе.

**Естествознание** — важнейший раздел современной науки, развитие которого неразрывно связано в современных условиях с развитием других разделов науки, науками гуманитарными и техническими.

Введение в учебные программы гуманитарных вузов курса концепции современного естествознания отражает объективно возрастающую роль естествознания как в развитии материальных условий жизни людей, так и в создании целостной системы научных знаний о человеке, окружающем его мире и стратегии его развития в будущем.

Современное человечество оказывает губительное для своего существования воздействие на окружающую среду, природу. Это обстоятельство делает актуальными вопросы выработки стратегий развития человечества в XXI в. Среди этих вопросов большая роль отводится созданию правовых систем обеспечения развития человечества в будущем. Для решения этой задачи будущим юристам необходимо иметь глубокие, содержательные знания о достижениях и проблемах современного естествознания и его основных концепциях.

4

**Термин «концепция»** (лат. *conceptiō*) означает определенный способ понимания, анализа и описания объекта исследования. В концепциях современного естествознания представлены идеи, гипотезы, теории, модели, методы исследования целого комплекса актуальных для современного человека проблем: законы эволюции мира, методы изучения сложных развивающихся систем, роль науки в развитии цивилизации и культуры в будущем, а также ряд других проблем. Цель данного учебника — оказать информационную и методическую помощь студентам юридических вузов в изучении основных концепций современного естествознания.



# Раздел 1. НАУКА КАК СФЕРА ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЕЕ ОСОБЕННОСТИ

## Глава 1.1. НАУКА И ЕЕ РОЛЬ В ОБЩЕСТВЕ

*Основные понятия: наука, цели, задачи и функции науки в обществе, главные черты системы научных знаний, научного метода*

### 1.1.1. Наука - это сфера человеческой деятельности, направленная на создание, производство объективных знаний о самом человеке и окружающем его мире (природа, Вселенная в целом)

Наука — сложное, многостороннее и динамическое явление. Наука создавалась и развивалась не одним поколением людей, отличающихся яркой индивидуальностью и обстоятельствами их жизни (краткое изложение истории развития естествознания дано в главе 3 данного раздела). Исследователи, изучающие науку, рассматривают ее с различных сторон: как форму общественного сознания, особую деятельность человека, подсистему культуры, цивилизации, систему знаний, фактор общественного прогресса и т. д. Изучение науки с различных сторон позволяет понять специфику этого явления общественной жизни человека.

Если науку рассматривать как определенный вид деятельности, то следует указать следующие важные элементы этой деятельности: цель, задача, методы и результаты деятельности.

Великий философ, математик, логик, юрист, один из основателей естествознания и инициаторов создания академии в России Г. Лейбниц (1646—1716) определил **цель науки** следующим образом: «Цель науки — благоденствие человечеству, то есть преумножение всего, что полезно людям, но не ради того, чтобы затем предаваться безделью. А для поддержания добродетели и расширения знаний. Всякий талант обязан внести свою лепту»<sup>1</sup>.

Эта трактовка цели науки противопоставляется пониманию цели науки как чисто познавательной деятельности человека. Понимание цели науки как исключительно познавательной деятельности было характерно для науки до XVII в.

<sup>1</sup> Володин Б. ...И тогда возникла мысль. М.: Знание, 1980. С. 76—77.

6

Приоритет в понимании науки как теоретической и методической основы практической деятельности людей и развития материального производства принадлежит английскому философу Ф.Бэкону (1561-1626).

В его работе «Новый органон» (1620) была разработана идея проекта новой науки, науки экспериментальной, связанной с материальным производством людей. Наука прошлого века на примере научно-технической революции (НТР) убедительно доказала правильность понимания цели науки, сформулированной философами и учеными XVII в. Однако это не означает, что достижения науки напрямую оказывают влияние на рост благосостояния людей в современном обществе (более 1 млрд человек в современном мире живет на 1 доллар в день) и что наука отказалась от своей чисто познавательной функции или «науки ради науки». Использование достижений науки и ее дальнейшее развитие зависят сегодня от политических и других факторов.

Развитие науки связано с поиском решений определенных задач. Например, ученые XVII в. ставили перед собой задачу открытия законов механического движения, знание которых способствовало развитию практической механики. Сегодня наука выполняет следующие функции в развитии общества:

— познавательная функция (расширение знания об окружающем мире, обществе и человеке);

— практическая функция (развитие новых технологий в производительных силах общества);

- образовательная функция (создание новых технологий обучения);
- мировоззренческая функция (систематизация знаний об окружающем мире, обществе и самом человеке).

Важным понятием для научной деятельности является понятие образца, идеала, к которому следует стремиться в познании окружающего мира (природы, Вселенной), общества и человека. Во все периоды развития науки ученые стремились к созданию истинного знания.

Истинное знание — это, грубо говоря, информация, которая адекватно отражает положение дел в самой исследуемой действительности, в мире, в котором живет человек.

Идеалом **науки**, по мнению большинства ученых, является истина. Другое дело, что понимать под истиной и каким образом ее

7

можно достичь. Здесь существуют разные точки зрения. Некоторые ученые полагают, что в конце концов наука откроет все законы, господствующие во Вселенной, и на этом она закончится. В качестве аргумента приводится знаменитая фраза А. Эйнштейна о том, что как бы ни была сложна природы, тем не менее она открывает свои тайны ученому, вознаграждая его за невероятные усилия и однообразный образ жизни.

Другие утверждают, что природа — неисчерпаемый источник познания и поэтому наука никогда не кончится. Эта точка зрения признает бесконечное количество законов, господствующих в мире. На самом деле, как говорят представители первой точки зрения, это не соответствует наблюдаемым фактам: природа поступает экономно, расчетливо, с завидной простотой.

Понятие истины в качестве научного идеала предъявляет жесткие требования к **методу** ее достижения и к **результатам** научной деятельности. Еще в XVII в. французский философ, математик, физик Р.Декарт (1594—1650) выдвинул следующие требования к научному методу познания:

- ничего не принимать за истинное, что не является ясным и очевидным;
- трудные вопросы делить на столько составных частей, сколько нужно для разрешения;
- начинать с исследования простых, удобных для познания вещей и восходить постепенно к познанию трудных и сложных;
- останавливаться на всех подробностях, на все обращать внимание, чтобы быть уверенным, что ни чего не упущено.

Требования Р. Декарта к научному методу оказали большое влияние на понимание науки как активной созидательной творческой деятельности. В дальнейшем метод научного познания стал пониматься как совокупность **интеллектуальных** и **материально-вещественных** способов достижения истинных знаний в процессе развития научной деятельности.

К интеллектуальным способам относятся методы создания теорий, гипотез и моделей исследуемых объектов, а также разработки технологий создания измерительных приборов, установок для проведения экспериментов и наблюдений. К материально-вещественным способам относятся сами приборы, установки для проведения экспериментов и наблюдений. Такое понимание науч-

8

ного метода отражается в современной трактовке главных черт научных знаний в качестве **результата научного познания**.

### 1.1.2. Главные черты научных знаний

*А. Новизна. Б. Незавершенность. В. Объективность. Д. Согласованность и целостность. Е. Внутренняя непротиворечивость и внешняя оправданность. Ж. Операциональность. З. Общедоступность*

**А. Новизна**, открытие нового, неизвестного ранее отличают науку от других видов человеческой деятельности. Научное открытие — это как раз то событие в науке, в котором выражается новизна научных исследований. Выдающийся немецкий физик-теоретик М. Борн (1882—1970) предложил различать

аналитические и синтетические открытия. Но прежде чем говорить о них, приведем одно из определений открытия, принадлежащее канадскому медику Г. Селье: «Открытие — это осознание факта существования чего-то непредсказуемого, но не обязательно очень важного. Для того чтобы стать значительным, открытие должно быть не только неожиданным, но и иметь обобщающий характер, т. е. быть приложенным к различным ситуациям. Только это сообщает ему подлинный характер»<sup>1</sup>.

Современное международное научное сообщество признает открытием создание различного типа технических приборов, установок различного типа, с помощью которых открываются принципиально новые перспективы развития научных исследований.

**Аналитические открытия** — это обнаружение новых явлений, объектов на основе вычислений признанной теории. Так, на основе закона всемирного тяготения И. Ньютона (1642—1727) была вычислена траектория планеты Уран. Эти вычисления указывали на существование за Ураном объекта, масса которого влияет на траекторию движения Урана. Используя эти вычисления, астрономы открыли планету Нептун.

**Синтетические открытия** — это открытия, которые связаны с принципиально новым пониманием уже устоявшихся в науке принципов и понятий. Теория относительности А. Эйнштейна (1879—1955) является примером синтетических открытий, поскольку она дает совершенно новое понимание таких понятий науки XVII—XIX вв., как пространство, время, масса, сила тяготы -

<sup>1</sup> Селье Г. На уровне целого организма. М.: Наука, 1972. С. 122.

9

ния и энергия. Кроме указанных выше видов открытий, существуют так называемые **неожиданные открытия**. Это обнаружение явлений и объектов, для объяснения которых на момент их обнаружения наука не располагает необходимыми знаниями. В 1896 г. французский физик А. Беккерель (1852—1908) обнаружил случайным образом явление самопроизвольной радиоактивности (радиации). Однако это явление получило свое объяснение лишь в 40-х годах прошлого века.

**Б. Незавершенность.** Здесь речь идет о том, что каждая исторически сложившаяся система научных знаний не может быть полной и завершенной.

**В. Объективность** и интерсубъективность научных знаний. Например, формула А. Эйнштейна  $E = mc^2$  ничего не говорит об индивидуальности ее автора, его чувствах и переживаниях. Эта формула выражает объективный факт связи массы материального тела и сконцентрированной в нем энергии.

**Г. Эмпирическая и теоретическая воспроизводимость.** Если установлен научный факт в результате наблюдения и эксперимента, то этот факт может быть воспроизведен, проверен другим исследователем или группой исследователей при наличии соответствующей квалификации и методики. Теоретическая воспроизводимость или доказательность означает, что теорема, доказанная одним исследователем, может быть доказана другим исследователем, имеющим аналогичную квалификацию.

**Д. Согласованность и целостность научных знаний.** Ранее доказанные научные знания согласуются с новыми знаниями с указанием, при каких условиях их достоверность подтверждается. Например, при движении материального тела со скоростью существенно меньше скорости света (300 000 км/с) справедлива классическая механика.

**Е. Внутренняя непротиворечивость и внешняя оправданность (критерий А. Эйнштейна).** Научные знания не должны быть внутренне противоречивыми (допускать противоречащие друг другу утверждения внутри, например, теории или эксперимента). Внешняя оправданность означает, что научные знания не должны быть умозрительными, они должны объяснять явления объективного мира. Этот критерий относится и к математике, в которой внешняя оправданность означает направленность математических знаний на решение проблем математического содержания.

10

**Ж. Операциональность.** В науке большую роль играют различные способы измерения и отображения в форме моделей объектов исследования. Измерение является важнейшей чертой научных знаний. Умение измерять объект исследования открывает путь к пониманию его природы.

**3. Общедоступность, универсальность научных знаний.** Научный метод как способ производства научных знаний является доступным широкому кругу людей разных рас и национальностей. Ему можно обучать.

### 1.1.3. Роль науки в обществе

Крупномасштабное и многостороннее влияние науки на современное общество наиболее полно проявилось в научно-технической революции (НТР), которая началась с середины прошлого века и продолжается сегодня. **НТР** — это качественное преобразование производительных сил ряда промышленно развитых государств на основе превращения их научно-технического потенциала (НТП) в ведущий фактор развития экономики и социальной сферы этих стран.

В содержание **понятия НТП** входят: кадровый ресурс науки (люди занимающиеся наукой), а также вся совокупность, система условий, способствующая эффективному развитию науки и техники в соответствующей стране (финансовые, правовые, организационные, управленческие и многие другие). НТР убедительно показала, что социальное развитие государства (благополучие граждан) определяется во многом не его природными ресурсами, а располагаемым научно-техническим потенциалом. Примером здесь может быть Япония. Сегодня в связи с развитием мировой системы разделения труда ведется острая дискуссия о роли мирового НТП в обществе. Некоторые ученые полагают, что наука имеет интернациональный характер, поэтому не важно, в какой стране работает ученый. Отток научных кадров из нашей страны рассматривается ими как нормальное явление. Другие ученые придерживаются противоположной точки зрения: «утечка мозгов» из страны делает Россию неконкурентоспособной на мировом рынке высоких технологий. Они правы, сегодня ведется напряженная борьба за первенство в разработках новых высоких технологий. Об этом свидетельствуют современные затраты на науку. В 2001 г. Россия на развитие науки (включая гуманитарные) затрати-

11

ла 1 млрд долларов США, в то же время «семерка» (США, Япония и другие) — 500 млрд долларов.

Можно сказать, что ученые, обеспокоенные «утечкой мозгов» из России, более реалистичны, чем первые. Надо подчеркнуть, что в СССР уделялось большое внимание развитию НТП, правда, приоритет придавался военным разработкам. В 1985 г. в СССР в сфере науки было занято 4,5 млн человек, из них 1,5 млн человек являлись научными работниками (исследователями). Это было почти в 2 раза больше численности ученых и инженеров в тот период в США. Многие ученые в СССР были заняты в системе образования — высшей школе (33,7% от общего числа научных работников). В СССР было 2,7 тыс. академиков и членов-корреспондентов, 44,6 тыс. докторов наук и 462 тыс. кандидатов наук.

В настоящее время многие молодые ученые России работают в промышленно развитых странах, тем самым создаются демографические и другие проблемы развития НТП нашей страны.

Вклад наших ученых в развитие научно-технической революции получил мировое признание. Нобелевская премия присуждена следующим отечественным ученым: 1904 г. — И. П. Павлову (физиология), 1908 г. — И. И. Мечникову (медицина), 1957 г. — Н. Н. Семенову (химия), 1958 г. — П. А. Черенкову, И. М. Франку, И. Е. Тамму (физика), 1962 г. — Л. Д. Ландау (физика), 1964 г. — Н. Г. Басову и А.М. Прохорову (физика), 1978 г. — П. Л. Капице (физика), 2000 г. — Ж. Алферову (физика), 2003 г. — А. Абрикосову и И. Гинзбургу (физика). Рекордсменами среди нобелевских лауреатов в области естествознания и по

другим областям (более 240 человек в прошлом веке) являются американцы. Однако большинство из них — это выходцы из Европы.

Наряду с Нобелевской премией существуют и другие премии, которые высоко оцениваются учеными всех стран. К 1980 г. советским ученым было присуждено более 3300 различных международных премий, включая такую престижную премию, как премия Международного математического союза из фонда Филдса. Д. Ч. Филдс (1863—1932) — канадский математик, создал фонд для поощрения молодых математиков.

#### 1.1.4. Дискуссия о роли науки в развитии культуры

Начиная с эпохи Возрождения, многие деятели культуры, науки и философии связывали совершенствование природы человека, его общественной сущности с наукой: только любовь к истине,

12

научный метод, требующий доказательства каждого утверждения, наука как общий язык человечества, ее логика могут предложить человечеству лучший путь, чем естественное вымирание вместе с гибелью Солнечной системы. Этот образ мысли получил название **сциентизма** от латинского слова «наука». **Антисциентизм** — это противоположная сциентизму точка зрения. Ярким представителем критики науки в России был Ф. М. Достоевский (1821—1881). Он считал, что претензии науки на создание новой культуры на основе научной рациональности являются опасными и выходят за рамки компетенции науки. Наука, в его понимании, важная, но не самая главная составляющая духовной культуры человека, которая основывается, как он полагал, на религии. Эта дискуссия продолжается и сегодня.

#### ВЫВОДЫ

1. Наука - важнейший фактор развития современного общества.
2. Способность государства развивать собственный НТП гарантирует ему возможность быть конкурентным в системе современного международного труда.
3. Участие в развитии мирового НТП не означает полный отказ от НТП нашей страны, располагающей высоким интеллектуальным ресурсом.
4. Развитие НТП нашего государства тесно связано с решением ряда правовых проблем.
5. Среди этих проблем можно выделить следующие: защита интеллектуальной собственности и правовое регулирование участия научных кадров России в международных некоммерческих и коммерческих программах.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ

1. Какие функции выполняет наука в обществе?
2. Какие характерные черты научных знаний отличают науку от других видов деятельности человека?
3. Что означает «незавершенность» научных знаний?
4. Понятия: НТР и НТП.
5. Сциентизм и антисциентизм.

### Глава 1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ НАУК

*Основные понятия: естественные, гуманитарные и технические науки, фундаментальные и прикладные науки*

#### 1.2.1. Критерии классификации наук

Классификация — это метод, позволяющий описать многоуровневую, разветвленную систему элементов и их отношений. Наука о классификации называется систематикой. Различают искусственную и естественную классификацию. В первой не учитываются существенные свойства классифицируемых объектов, вторая эти свойства учитывает. Еще мыслители Древней Греции поставили вопрос о типах и видах наук, целью которых является знание. В дальнейшем этот вопрос развивался, и решение его является актуальным и сегодня. Классификация наук представляет информацию о том, какой предмет изучает та или иная наука, что ее отличает от других наук и как она связана с другими науками в развитии научного познания. Общепринятой

является классификация на основе следующих признаков: **предмет наук, метод исследования и результат исследования.**

### 1.2.2. Классификация наук по предмету исследования

По предмету исследования все науки делятся на естественные, гуманитарные и технические.

**Рис. 1. Классификация наук**



**Естественные науки** изучают явления, процессы и объекты материального мира. Этот мир иногда называется внешним миром. К данным наукам относятся физика, химия, геология, биология и другие подобные науки. Естественные науки изучают и человека как материальное, биологическое существо. Одним из авторов представления естественных наук как единой системы знаний был немецкий биолог Эрнст Геккель (1834—1919). В своей книге «Ми-

14 ровые загадки» (1899) он указал на группу проблем (загадок), которые являются предметом изучения, по существу, всех естественных наук как единой системы естественно-научных знаний, естествознания. «Загадки Э. Геккеля» можно сформулировать следующим образом: как возникла Вселенная? какие виды физического взаимодействия действуют в мире и имеют ли они единую физическую природу? из чего в конечном итоге состоит все в мире? чем отличается живое от неживого и каково место человека в бесконечно изменяющейся Вселенной и ряд других вопросов фундаментального характера. На основании вышеизложенной концепции Э. Геккеля о роли естественных наук в познании мира можно дать следующее определение естествознания.

**Естествознание — это система естественно-научных знаний, создаваемая естественными науками в процессе изучения фундаментальных законов развития природы и Вселенной в целом.**

Естествознание является важнейшим разделом современной науки. Единство, целостность естествознанию придает лежащий в основе всех естественных наук естественно-научный метод.

**Гуманитарные науки** — это науки, изучающие законы развития общества и человека как социального, духовного существа. К ним относятся история, право, экономика и другие аналогичные науки. В отличие, например, от биологии, где человек рассматривается как биологический вид, в гуманитарных науках речь идет о человеке как творческом, духовном существе. **Технические науки** — это знания, которые необходимы человеку для создания так называемой «второй природы», мира зданий, сооружений, коммуникаций, искусственных источников энергии и т. д. К техническим наукам относятся космонавтика, электроника, энергетика и ряд других аналогичных наук. В технических науках в большей степени проявляется взаимосвязь естествознания и гуманитарных наук. Создаваемые на основе знаний технических наук системы учитывают знания из области гуманитарных и естественных наук. Во всех науках, о которых говорилось выше, наблюдается **специализация и интеграция**. Специализация характеризует глубокое изучение отдельных сторон, свойств исследуемого объекта, явления, процесса. Например, юрист может посвятить всю свою жизнь исследованию проблем развития уголовного права. Интеграция характеризует процесс объединения специализированных знаний из различных научных дисциплин. Сегодня наблюдается общий процесс интеграции естествознания,

гуманитарных и технических

15

наук в решении ряда актуальных проблем, среди которых особое значение имеют глобальные проблемы развития мирового сообщества. Наряду с интеграцией научных знаний развивается процесс образования научных дисциплин на стыке отдельных наук. Например, в XX в. возникли такие науки, как геохимия (геологическая и химическая эволюция Земли), биохимия (химические взаимодействия в живых организмах) и другие. Процессы интеграции и специализации красноречиво подчеркивают единство науки, взаимосвязь ее разделов. Разделение всех наук по предмету изучения на естественные, гуманитарные и технические сталкивается с определенной трудностью: к каким наукам относятся математика, логика, психология, философия, кибернетика, общая теория систем и некоторые другие? Вопрос этот не является тривиальным. Особенно это касается математики. **Математика**, как отмечал один из основателей квантовой механики английский физик П. Дирак (1902—1984), — это орудие, специально приспособленное для того, чтобы иметь дело с отвлеченными понятиями любого вида, и в этой области нет предела ее могуществу. Знаменитому немецкому философу И. Канту (1724—1804) принадлежит такое утверждение: в науке столько науки, сколько в ней математики. Особенность современной науки проявляется в широком применении в ней логических и математических методов. В настоящее время ведутся дискуссии о так называемых **междисциплинарных и общеметодологических науках**. Первые могут представлять свои знания о законах исследуемых объектов во многих других науках, но как дополнительную информацию. Вторые разрабатывают общие методы научного познания, их называют общеметодологическими науками. Вопрос о междисциплинарных и общеметодологических науках является дискуссионным, открытым, философским.

### 1.2.3. Теоретические и эмпирические науки

По методам, используемым в науках, принято делить науки на теоретические и эмпирические.

Слово «**теория**» заимствовано из древнегреческого языка и означает «мыслимое рассмотрение вещей». **Теоретические науки** создают разнообразные модели реально существующих явлений, процессов и объектов исследований. В них широко используются абстрактные понятия, математические вычисления и идеальные объекты. Это позволяет выявить существенные связи, законы и за-

16

кономерности исследуемых явлений, процессов и объектов. Например, для того чтобы понять закономерности теплового излучения, классическая термодинамика использовала понятие абсолютно черного тела, которое полностью поглощает падающее на него световое излучение. В развитии теоретических наук большую роль играет принцип выдвижения постулатов.

Например, А. Эйнштейн принял в теории относительности постулат о независимости скорости света от движения источника его излучения. Этот постулат не объясняет, почему скорость света является постоянной, а представляет собой исходное положение (постулат) данной теории. **Эмпирические науки**. Слово «эмпирический» произведено от имени-фамилии древнеримского медика, философа Секста Эмпирика (III в. н. э.). Он утверждал, что только данные опыта должны лежать в основе развития научных знаний. Отсюда **эмпирический** означает опытный. В настоящее время это понятие включает в себя как понятие эксперимента, так и традиционные методы наблюдения: описание и систематизация фактов, полученных без использования методов проведения эксперимента. Слово «эксперимент» заимствовано из латинского языка и означает в буквальном переводе проба и опыт. Строго говоря, эксперимент «задает вопросы» природе, т. е. создаются специальные условия,

которые позволяют выявить действие объекта в этих условиях. Между теоретическими и эмпирическими науками существует тесная взаимосвязь: теоретические науки используют данные эмпирических наук, эмпирические науки проверяют следствия, вытекающие из теоретических наук. Нет ничего более эффективного, чем хорошая теория в научных исследованиях, и развитие теории невозможно без оригинального, творчески продуманного эксперимента. В настоящее время термин «эмпирические и теоретические» науки заменен более адекватными терминами «теоретические исследования» и «экспериментальные исследования». Введением этих терминов подчеркивается тесная связь между теорией и практикой в современной науке.

#### 1.2.4. Фундаментальные и прикладные науки

С учетом результата вклада отдельных наук в развитие научного познания все науки подразделяются на фундаментальные и прикладные науки. Первые сильно влияют на наш **образ мыслей**, вторые — на наш **образ жизни**.

17

Фундаментальные **науки** исследуют самые глубокие элементы, структуры, законы мироздания. В XIX в. было принято называть подобные науки «чисто научными исследованиями», подчеркивая их направленность исключительно на познание мира, изменение нашего образа мыслей. Речь шла о таких науках, как физика, химия и другие естественные науки. Некоторые ученые XIX в. утверждали, что «физика — это соль, а все остальное — ноль». Сегодня такое убеждение является заблуждением: нельзя утверждать, что естественные науки являются фундаментальными, а гуманитарные и технические — опосредованными, зависящими от уровня развития первых. Поэтому термин «фундаментальные науки» целесообразно заменить термином «фундаментальные научные исследования», которые развиваются во всех науках. Например, в области права к фундаментальным исследованиям относится теория государства и права, в которой разрабатываются основные понятия права.

Прикладные **науки**, или **прикладные научные исследования**, ставят своей целью использование знаний из области фундаментальных исследований для решения конкретных задач практической жизни людей, т. е. они влияют на наш образ жизни. Например, прикладная математика разрабатывает математические методы для решения задач в проектировании, конструировании конкретных технических объектов. Следует подчеркнуть, что в современной классификации наук учитывается также целевая функция той или иной науки. С учетом этого основания говорят о поисковых научных **исследованиях** для решения определенной проблемы и задачи. Поисковые научные исследования осуществляют связь между фундаментальными и прикладными исследованиями при решении определенной задачи и проблемы. Понятие фундаментальности включает следующие признаки: глубина исследования, масштаб применения результатов исследования в других науках и функции этих результатов в развитии научного познания в целом.

Одной из первых классификаций естественных наук является классификация, разработанная французским ученым А. М. Ампером (1775—1836). Немецкий химик Ф. Кекуле (1829—1896) также разработал классификацию естественных наук, которая обсуждалась в XIX в. В его классификации основной, базовой наукой выступала механика, т. е. наука о самом простейшем из видов движения — механическом.

18

### ВЫВОДЫ

1. Э. Геккель рассматривал все естественные науки как фундаментальную основу научного знания, подчеркивая, что без естествознания развитие всех других наук будет ограниченным и несостоятельным. В этом подходе подчеркивается важная роль естествознания. Однако на развитие естествознания оказывают существенное влияние гуманитарные и технические науки.

2. Наука - это целостная система естественно-научных, гуманитарных, технических, междисциплинарных и общеметодологических знаний.



3. Уровень фундаментальности науки определяется глубиной и масштабностью ее знаний, которые необходимы для развития всей системы научных знаний в целом.

4. В правоведении теория государства и права относится к фундаментальным наукам, ее понятия и принципы являются основными для правоведения в целом.

5. Естественно-научный метод является основой единства всех научных знаний.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ

1. Предмет исследования естественных наук.

2. Что изучают гуманитарные науки?

3. Что исследуют технические науки?

4. Фундаментальные и прикладные науки.

5. Связь теоретических и эмпирических наук в развитии научного познания.

## Глава 1.3. ОСНОВНЫЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

*Основные понятия: классическая, неклассическая и постнеклассическая наука, естественно-научная картина мира, развитие науки до эпохи Нового времени, развитие науки в России*

### 1.3.1. Классическая, неклассическая и постнеклассическая наука

Исследователи, изучающие науку в целом, выделяют три формы исторического развития науки: классическую, неклассическую и постнеклассическую науку.

Классической наукой называют науку до начала XX в., имея в виду научные идеалы, задачи науки и понимание научного метода, характерные для науки до начала прошлого века. Это прежде всего вера многих ученых того времени в рациональное устройство окружающего мира и в возможность точного причинно-следственного описания событий в материальном мире. Классическая наука исследовала две господствующие в природе физические силы: силу тяготения и электромагнитную силу. Механическая, физическая и электромагнитная картины мира, а также концепция энергии, основанная на классической термодинамике, являются типичными обобщениями классической науки. **Неклассическая наука** — это наука первой половины прошлого века. Теория относительности и квантовая механика являются базовыми теориями неклассической науки. В этот период разрабатывается вероятностная трактовка физических законов: абсолютно точно нельзя предсказать траекторию движения частиц в квантовых системах микромира. **Постнеклассическая наука** (фр. *post* — после) — наука конца XX в. и начала XXI в. В этот период уделяется большое внимание исследованию сложных, развивающихся систем живой и неживой природы на основе нелинейных моделей. Классическая наука имела дело с объектами, поведение которых можно предсказать в любое желаемое время. В неклассической науке появляются новые объекты (**объекты микромира**), прогноз поведения которых дается на основе вероятностных методов. Классическая наука также использовала статистические, вероятностные методы, однако она объясняла невозможность предсказания, например, движения частицы в броуновском движении **большим количеством взаимодействующих частиц**, поведение каждой из которых подчиняется законам классической механики.

20

В неклассической науке вероятностный характер прогноза объясняет вероятностной природой самих объектов исследования (корпускулярно-волновой природой объектов микромира).

Постнеклассическая наука имеет дело с объектами, прогноз поведения которых с некоторого момента становится невозможным, т. е. в этот момент происходит действие случайного фактора. Такие объекты обнаружены физикой, химией, астрономией и биологией.

Нобелевский лауреат по химии И. Пригожин (1917—2003) справедливо отмечал, что западная наука развивалась не только как интеллектуальная игра или ответ на запросы практики, но и как страстный поиск истины. Этот трудный поиск находил свое выражение в попытках ученых разных веков создать естественнонаучную картину мира.

### 1.3.2. Понятие естественно-научной картины мира

В основе современной научной картины мира лежит положение о реальности предмета изучения науки. «Для ученого, — писал В. И. Вернадский (1863—1945), — очевидно, поскольку он работает и мыслит как ученый, никакого сомнения в реальности предмета научного исследования нет и быть не может»<sup>1</sup>. Научная картина мира — это своеобразный фотопортрет того, что есть на самом деле в объективном мире. Иначе говоря, научная картина мира — это образ мира, который создается на основе естественно-научных знаний о его строении и законах. Важнейшим принципом создания естественно-научной картины мира является принцип объяснения законов природы из исследования самой природы, не прибегая к ненаблюдаемым причинам и фактам.

Ниже дается краткое изложение научных идей и учений, развитие которых привело к созданию естественно-научного метода и современного естествознания.

### 1.3.3. Античная наука

Строго говоря, развитие научного метода связано не только с культурой и цивилизацией Древней Греции. В древних цивилизациях Вавилона, Египта, Китая и Индии происходило развитие ма-

<sup>1</sup> *Баландин Г.* Вернадский: жизнь, мысль, бессмертие. М.: Знание, 1979. С. 100.

21

тематики, астрономии, медицины и философии. В 301 г. до н. э. войска Александра Македонского вошли в Вавилон, в его завоевательных походах всегда участвовали представители греческой учености (ученые, медики и т. д.). К этому времени вавилонские жрецы располагали достаточно развитыми знаниями в области астрономии, математики и медицины. Из этих знаний греки заимствовали деление суток на 24 часа (по 2 часа на каждое созвездие зодиака), деление окружности на 360 градусов, описание созвездий и ряд других знаний. Кратко представим достижения античной науки с точки зрения развития естествознания. Причем речь идет о достижениях, которые необходимы для адекватного понимания концепции современного естествознания.

Астрономия. В III в. до н. э. Эратосфен из Киренаи вычислил размеры Земли, и достаточно точно. Он же создал первую карту известной части Земли в градусной сетке. В III в. до н. э. Аристарх из Самоса высказал гипотезу о вращении Земли и других известных ему планет вокруг Солнца. Он обосновывал эту гипотезу наблюдениями и вычислениями. Архимед, автор необыкновенно глубоких работ по математике, инженер, построил во II в. до н. э. планетарий, приводившийся в движение водой. В I в. до н. э. астроном Посидоний вычислил расстояние от Земли до Солнца, полученное им расстояние составляет примерно  $\frac{5}{8}$  действительного. Астроном Гиппарх (190—125 гг. до н. э.) создал математическую систему кругов для объяснения видимого движения планет. Он же создал первый каталог звезд, включил в него 870 ярких звезд и описал появление «новой звезды» в системе ранее наблюдаемых звезд и тем самым открыл важный вопрос для обсуждения в астрономии: происходят ли какие-либо изменения в надлунном мире или нет. Лишь в 1572 г. датский астроном Тихо Браге (1546—1601) вновь обратился к этой проблеме.

Система кругов, созданная Гиппархом, была развита К. Птолемеом (100—170 гг. н. э.), автором **геоцентрической системы мира**. Птолемея добавил к каталогу Гиппарха описание еще 170 звезд. Система мироздания К. Птолемея развивала идеи аристотельской космологии и геометрии Евклида (III в. до н. э.). В ней центром мира являлась Земля, вокруг которой вращались известные тогда планеты и Солнце по сложной системе круговых орбит. Сопоставление месторасположения звезд по каталогам Гиппарха и Птолемея — Тихо Браге позволило астрономам в XVIII в. опровергнуть постулат космологии Аристотеля: «Постоянство неба — закон

22

природы». Имеются свидетельства также о значительных достижениях

Античной цивилизации в медицине. В частности, Гиппократ (410—370 гг. до н. э.) отличался широтой охвата медицинских вопросов. Наибольших успехов его школа достигла в области хирургии и в лечении открытых ран. С достижениями древних греков в области науки можно ознакомиться в книге «Античная цивилизация»<sup>1</sup>.

Большую роль в развитии естествознания сыграли учения о строении вещества и космологические идеи античных мыслителей.

**Анаксагор** (500—428 гг. до н. э.) утверждал, что все тела в мире состоят из бесконечно делимых малых и неисчислимо многих элементов (семян вещей, гомеомерии). Из этих семян путем беспорядочного их движения образовался хаос. Наряду с семенами вещей, как утверждал Анаксагор, существует «мировой ум», как тончайшее и легчайшее вещество, несоединимое с «семенами мира». Мировой разум создает из хаоса порядок в мире: однородные элементы соединяет, а неоднородные отделяет друг от друга. Солнце, как утверждал Анаксагор, это раскаленная металлическая глыба или камень во много раз больше города Пелопоннеса.

**Левкипп** (V в. до н. э.) и его ученик **Демокрит** (V в. до н. э.), а также их последователи уже в более поздний период — **Эпикур** (370—270 гг. до н. э.) и **Тит Лукреций Кара** (I в. н. э.) — создали учение об атомах. Все в мире состоит из атомов и пустоты. Атомы вечны, они неделимы и неуничтожимы. Атомов бесконечное число, форм атомов также бесконечно, одни из них круглые, другие крючковатые и т. д., до бесконечности. Все тела (твердые, жидкие, газообразные), а также то, что называют душой, состоят из атомов. Многообразие свойств и качеств в мире вещей явлений определяется многообразием атомов, их числом и видом их соединений. Душа человека — это тончайшие атомы. Атомы нельзя создать или уничтожить. Математическим масштаб атомов является «амер» как минимальный масштаб физической протяженности, размера атома. Атомы находятся в вечном движении. **Причины, вызывающие движение атомов, заложены в самой природе атомов: им свойственны тяжесть, «трясучесть» или, говоря на современном языке, пульсирование, дрожание.** Атомы — это единственная и настоящая реальность, действительность. Пустота, в которой происходит вечное

<sup>1</sup> М.: Наука, 1973. С. 7-20.

23

движение атомов — это лишь фон, лишенный структуры, бесконечное пространство. Пустота — необходимое и достаточное условие для вечного движения атомов, из взаимодействия которых образуется все как на Земле, так и во всей Вселенной. Все в мире причинно обусловлено в силу необходимости, порядка, изначально существующего в нем. «Вихревое» движение атомов является причиной всего существующего не только на планете Земля, но и во Вселенной в целом. Мир существует бесконечное множество. Поскольку атомы вечны, их никто не создавал, и не существует, следовательно, начала мира. Таким образом, Вселенная — это движение из атомов в атомы. В мире нет целей (например, такой цели, как возникновение человека). В познании мира разумно спрашивать, почему нечто произошло, по какой причине, и совершенно неразумно спрашивать, для какой цели это произошло. Время — это разворачивание событий из атомов в атомы. «Люди, — утверждал Демокрит, — измыслили себе образ случая, чтобы пользоваться им как предлогом, прикрывающим их собственную нерассудительность»<sup>1</sup>.

**Платон** (IV в. до н. э.) — античный философ, учитель Аристотеля. Среди естественно-научных идей философии Платона особое место занимает концепция математики и роли математики в познании природы, мира, Вселенной. Согласно Платону науки, основанные на наблюдении или чувственном познании, например физика, не могут привести к адекватному, истинному знанию мира. Из математики Платон считал основной арифметику, поскольку идея числа не нуждается в своем обосновании в других идеях. Эта идея о том, что мир написан на языке математики, глубоко связана с учением Платона об идеях или сущностях

Лихин А. Ф. Концепции современного естествознания : учеб. — ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. - 264 с.

вещей окружающего мира. В этом учении содержится глубокая мысль о существовании связей и отношений, имеющих всеобщий характер в мире. У Платона получалось, что астрономия ближе к математике, чем физика, поскольку астрономия наблюдает и выражает в количественных математических формулах гармонию мира, созданного demiургом, или богом, наилучшего и самого совершенного, целостного, напоминающего огромный организм. Учение о сущности вещей и концепция математики философии Платона оказали огромное влияние на многих мыслителей последующих поколений, например на творчество И. Кеплера (1570—1630): «Созда-

<sup>1</sup> *Асмус В. Ф.* История античной философии. М.: Высшая школа, 1965. С. 99.

24

вая нас по своему подобию, — писал он, — Бог хотел, чтобы мы были способны воспринимать и разделить с ним его собственные мысли... Наше знание (чисел и величин) того же рода, что и божие, но, по крайней мере, постольку, поскольку мы можем понять хотя бы что-нибудь в течение этой бременной жизни»<sup>1</sup>. И. Кеплер пытался объединить земную механику с небесной, предполагая наличие в мире динамических и математических законов, управляющих этим созданным Богом совершенным миром. В этом смысле И. Кеплер был последователем Платона. Он пытался объединить математику (геометрию) с астрономией (наблюдениями Т. Браге и наблюдениями его современника Г. Галилея). Из математических вычислений и данных наблюдений астрономов у Кеплера сложилась идея о том, что мир — это не организм, как у Платона, а хорошо отлаженный механизм, небесная машина. Он открыл три загадочных закона, согласно которым планеты движутся не по окружностям, а *по* эллипсам вокруг Солнца. **Законы Кеплера:**

1. Все планеты обращаются по эллиптическим орбитам, в фокусе которых находится Солнце.

2. Прямая, соединяющая Солнце и какую-либо планету, за равные промежутки времени описывает одинаковую площадь.

3. Кубы средних расстояний планет от Солнца относятся как квадраты их периодов обращения:  $R_1^3/R_2^3 = T_1^2/T_2^2$ , где  $R_1, R_2$  — расстояние планет до Солнца,  $T_1, T_2$  — период обращения планет вокруг Солнца. Законы И. Кеплера были установлены на основе наблюдений и противоречили аристотелевской астрономии, которая была общепризнанной в период Средневековья и имела своих сторонников в XVII в. Свои законы И. Кеплер считал иллюзорными, поскольку он был убежден в том, что Бог определил движение планет по круговым орбитам в виде математической окружности.

**Аристотель** (IV в. до н. э.) — философ, основатель логики и ряда наук, таких как биология и теория управления. Устройство мира, или космология, Аристотеля выглядит следующим образом: мир, Вселенная, имеет форму шара с конечным радиусом. Поверхностью шара является сфера, поэтому Вселенная состоит из вложенных друг в друга сфер. Центром мира является Земля. Мир делится на подлунный и надлунный. Подлунный мир — это Земля и сфера, на которой прикреплен Луна. Весь мир состоит из пяти

<sup>1</sup> *Дубнищева Т. Я.* Концепции современного естествознания. М., 2000. С. 21.

25

элементов: вода, земля, воздух, огонь и эфир (лучезарный). Из эфира состоит все, что находится в надлунном мире: звезды, светила, пространство между сферами и сами надлунные сферы. Эфир не может быть воспринят органами чувств. В познании всего, что находится в подлунном мире, не состоящем из эфира, наши чувства, наблюдения, скорректированные умом, нас не обманывают и дают адекватную о подлунном мире информацию.

Аристотель считал, что мир создан с определенной целью. Поэтому у него во Вселенной все имеет свое целевое назначение или место: огонь, воздух стремятся вверх, земля, вода — к центру мира, к Земле. В мире нет пустоты, т. е. все занято эфиром. Кроме пяти элементов, о которых идет речь у Аристотеля, есть еще нечто «неопределенное», которое он называет «первой материей», но в его космологии

«первая материя» существенной роли не играет. В его космологии мир надлунный является вечным и неизменяемым. Законы надлунного мира отличаются от законов мира подлунного. Сферы надлунного мира равномерно двигаются по окружностям вокруг Земли, делая полный оборот за одни сутки. На последней сфере находится «перводвигатель». Являясь неподвижным, он придает движение всему миру. В мире подлунном действуют собственные законы. Здесь господствуют изменения, возникновение, распад и т. п. Солнце и звезды состоят из эфира. Он не оказывает никаких воздействий на небесные тела в надлунном мире. Наблюдения, говорящие о том, что в небесном своде что-то мерцает, движется и т. п., по космологии Аристотеля, являются следствием влияния атмосферы Земли на наши органы чувств.

В понимании природы движения Аристотель различал четыре вида движения: а) увеличение (и уменьшение); б) превращение или качественное изменение; в) возникновение и уничтожение; г) движение как перемещение в пространстве. Предметы относительно движения, по Аристотелю, могут быть: а) неподвижны; б) самодвижущиеся; в) движущиеся не спонтанно, а посредством действия других тел. Анализируя виды движения, Аристотель доказывает, что в основе их лежит вид движения, который он назвал движением в пространстве. Движение в пространстве может быть круговым, прямолинейным и смешанным (круговое + прямолинейное). Поскольку в мире Аристотеля нет пустоты, то движение должно иметь непрерывный характер, т. е. от одной точки пространства к другой. Отсюда следует, что прямолинейное движение является прерывным, так, дойдя до границы мира, луч света, рас-

26

пространяясь по прямой, должен прервать свое движение, т. е. изменить свое направление. Аристотель считал круговое движение самым совершенным и вечным, равномерным, именно оно свойственно движению небесных сфер.

Мир, по философии Аристотеля, является космосом, где человеку отведено главное место. В вопросах отношения живого и неживого Аристотель был сторонником, можно сказать, органической эволюции. Теория или гипотеза происхождения жизни Аристотеля предполагает «спонтанное зарождение из частиц вещества», имеющих в себе некое «активное начало», энтелехию (греч. *entelecheia* — завершение), которое при определенных условиях может создавать организм. Учение об органической эволюции развивалось также философом Эмпедоклом (V в. до н. э.).

Значительными были достижения древних греков в области математики. Например, математик Эвклид (III в. до н. э.) создал геометрию в качестве **первой математической теории пространства**. Лишь в начале XIX в. появилась новая **неевклидова геометрия**, методы которой использовались при создании теории относительности, основы неклассической науки.

Учения древнегреческих мыслителей о материи, веществе, атомах содержали глубокую естественно-научную мысль об универсальном характере законов природы: атомы одни и те же в различных частях мира, следовательно, в мире атомы подчиняются одним и тем же законам.

### 1.3.4. Развитие науки в период Средневековья (V-XIV вв. н. э.)

В Средние века в Западной Европе прочно установилась власть церкви в государстве. Этот период обычно называется периодом господства церкви над наукой. Такое понимание не является полностью адекватным. Христианство, направленное на духовное исцеление каждого человека, не отвергает исцеления телесного, медицинского. Как институт духовной и светской власти церковь Средневековья Западной и Восточной Европы стремилась донести до широких масс и народов духовное содержание Библии. Для этой цели необходимо научить людей читать Библию. Средневековье способствовало развитию образования и медицины, безусловно, лишь в определенном смысле. В медицине в этот период авторитетом считался арабский ученый и философ Авиценна. Он родился в 980 г.

н. э., умер в возрасте 58 лет. Его «Медицинский канон» состоит из пяти книг, в которых содержатся медицинские

27

сведения о человеке. В нем развивались медицинские идеи учения знаменитого врача Галена (130—200 гг. н. э.), который совершенствовал свои врачебные знания в Александрии, признание же получил в Риме. Гален считал, что весь организм человека оживлен некой силой, которую он называл пневмой. Многие медицинские сведения Галена были несостоятельными: дыхание, кровообращение, пищеварение, например, он не смог понять. В физике, астрономии, космологии, философии, логике и других науках Средневековье признавало авторитет Аристотеля. Для этого были основания, поскольку его учение опиралось на понятие цели как одной из причин развития и изменения в реальном мире.

Знаменитым врачом Средневековья был Арнольд де Вилланова (1235—1311). Его работа «Требник с головы до ног» — это крупное достижение средневековой медицины. Он высказывал идею о том, что медицина как наука должна заниматься конкретными описаниями и наблюдениями. В Средние века медициной занимались монахи. В 1215 г. Лютеранский собор запретил духовенству заниматься тем, что сегодня называется хирургией, и она отошла к цирюльникам. В России развитие аптекарского, лечебного дела, хирургии связано с реформами Петра I. В 1706 г. был издан указ о строительстве первого госпиталя. До этого были костоправные школы, открытые царем Алексеем Михайловичем в 1654 г. До середины XIX в. умирало почти 80% оперированных.

В период Средневековья был остро поставлен вопрос об отношении истин веры и истин разума. Решение этого вопроса было предложено католическим философом Фомой Аквинским (1225—1274), признанным с 1879 г. католической церковью официальным католическим философом. Фома Аквинский считал, что наука и философия выводят свои истины, опираясь на опыт и разум, в то время как религия черпает их в Священном Писании. Идея Фомы Аквинского о том, что истины опыта и разума служат обоснованием веры человека в Бога, является ведущей в отношении современной христианской религии к истинам науки и сегодня.

Эта позиция заключается в уверенности католической церкви в том, что, хотят ли этого ученые или нет, наука по мере своего развития все равно придет к Богу, которого обрела вера. Иначе говоря, наукой можно заниматься. Однако католическая церковь не была последовательной в признании этого принципа. К примеру, Дж. Бруно (1548—1600) (доминиканский монах, сбежал из мона-

28

стыря, в течение 16 лет проповедовал свое учение, находившееся в явном противоречии с официальной религиозной доктриной) был схвачен инквизицией, обвинен в ереси и сожжен на костре. Католическая церковь обязала Г. Галилея рассматривать систему Н. Коперника только как гипотезу, удобную для объяснения видимого движения планет Солнечной системы. Правда, существует информация о том, что большую неприятность Галилею доставляли не отцы церкви, а религиозные философы того времени. Другой пример. В 1553 г. церковь обвинила и сожгла на костре Мигеля Сервета (1511 — 1553), который совершенно правильно описал малый круг кровообращения. Его обвинил в ереси сам Кальвин, один из реформаторов церкви. В период Средневековья ряд людей занимались наукой на свой собственный страх и риск. Классическим примером судьбы ученого этого периода является английский философ Роджер Бэкон. Он провел 14 лет в монастырской тюрьме. Ему принадлежит крылатое выражение: «Знание — сила». Он предсказал, что прозрачным телам можно придать такую форму, что большое покажется малым, высокое — низким, скрытое станет видимым. В своей работе «Перспектива» он описал преломление лучей в стекле со сферической поверхностью. С этой работой, по-видимому, был знаком Г. Галилей (1564—1642), физик и изобретатель телескопа. Роджер Бэкон отстаивал важные для развития науки принципы: а) обратиться от авторитетов, религиозных источников

Лихин А. Ф. Концепции современного естествознания : учеб. — ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. -

и книг к исследованию природы; б) опираться в изучении природы на данные наблюдений и эксперимента; в) широко использовать математику в исследовании природы.

Можно назвать ряд причин, которые не позволили погаснуть факелу науки, зажженному мыслителями Древней Греции:

1. Создание в XIII—XIV вв. системы университетского образования в западных странах Европы. В этот период в Парижском университете (основан в 1215 г.) училось более 20 тыс. студентов.

2. Признание церковью светской учености.

3. Развитие латинского языка в качестве языка общения по вопросам религии и науки.

4. Организация издательской деятельности, которая привела к изобретению в 1440 г. немецким ювелиром И. Гуттенбергом книгопечатания. Он напечатал Библию — первое полное печатное издание в Европе.

29

### 1.3.5. Возрождение

Это переходный период от эпохи Средневековья к эпохе Нового времени. Для эпохи Возрождения характерны критика религии, вера в творческие способности человека, обоснование которой мыслители этого периода искали в трудах мыслителей Древней Греции. Примером исследователя эпохи Возрождения был итальянский художник, инженер, ученый Леонардо да Винчи (1452—1529). Он утверждал, что истина о простой, реальной вещи значительно ценнее неправды, лжи о вещах возвышенных и высоких.

В эпоху Возрождения религиозным деятелем, врачом и астрономом Н. Коперником (1473—1543) была создана гелиоцентрическая система мира. Он предложил математический способ предсказания движения планет при допущении, что Земля вместе с Марсом, Меркурием, Венерой, Юпитером и Сатурном вращаются вокруг Солнца. Работа его называлась «Об обращении небесных тел» (1543). Это был сильный удар по геоцентрической системе мироздания К. Птолемея.

Великим астрономом этого периода был Тихо Браге (1546—1601), родился в южной провинции Швеции, тогда это была часть Дании. Тихо Браге поверил легенде о том, что древнегреческий астроном Гиппарх наблюдал появление новой звезды на звездном небе. В его книге «О Новой звезде» (1573) были представлены доказательства, что на небе могут появляться «новые звезды». Это было новое слово в астрономии, но на самом деле звезда, которую он называл новой, была на самом деле звездой, меняющей свою светимость с определенной периодичностью. Перед смертью Тихо Браге передал все вычисления и наблюдения своему ученику И. Кеплеру. В его системе все планеты, кроме Земли, вращались вокруг Солнца, которое само вращалось вокруг Земли. К эпохе Возрождения относится деятельность Николая Кузанского (1401 — 1464) — немецкий богослов, философ. Он развивал концепцию о мире с безграничным пространством и бесконечным числом звезд. Бог у него понимается как сила, проявляющаяся во всем мире. Он утверждал о существовании разумной жизни на Планетах, которые образуют системы вместе со звездой, как наше Солнце. В его учении «об ученом незнании» развивалась идея о бесконечном многообразии Бога как абсолютной истине, которая никогда не будет достигнута человеком. Через 150 лет Джорда-

30

но Бруно развивал идеи, сходные с идеями Николая Кузанского, за что был сожжен на костре.

**В эпоху Возрождения развивалась медицина.** Леонардо да Винчи как художник интересовался человеческим телом. Его интерес как художника перерос в исследование медицинского характера. Он составил около 800 анатомических эскизов человеческого тела с подробными описаниями. Для этого ему пришлось совершить множество секций на человеческих трупах. Это можно было сделать

лишь при наличии у него покровителей из католической церкви. Труд Леонардо да Винчи «Анатомия» не был известен его современникам, но сделал его признанным авторитетом не только в живописи, но и в медицине. Андреас Везалий (1514—1564) в книге «О строении человеческого тела» (1543) устранил более 200 ошибочных сведений по анатомии человека. За утверждение, что мужчина имеет 12 ребер, он обвинялся в ереси, ибо Бог создал женщину из ребра мужчины.

Большой вклад в критику средневековой медицины внес реформатор эпохи Возрождения Парацелс (1493—1541). Родился в Швейцарии. Публично сжег «канон» Ибн-Сина — «Средневековый медицинский авторитет». Он путешествовал от деревни к деревне, от страны к стране и изучал народную медицину, ввел в практику лечения химические препараты. Был в России. Труды его стали известны лишь после его смерти.

### 1.3.6. Новое время - эпоха создания естествознания (XVII -XVIII вв. н.э.)

Факторы, которые способствовали развитию естествознания в Новое время:

1. Изменение социально-экономических и материальных условий в Западной и Центральной Европе. Росла численность населения городов, возникли производство стекла, металла и другие технологии. Развивались национальные государства, произошли другие изменения.

2. Реформа церкви.

3. Создание в 1603 г. Академии в Италии просвещенным маркизом Фредерико Чези. Она получила название «Академия Линнеев». Линчей — итальянское название Линкея (герой мифов греков, наделенный богами феноменальным зрением, видел сквозь землю, воду и камни). Линкей — символ человека, видящего больше других, является титулом, который присваивается членам Рим-31

ской академии наук. Этой академии Г. Галилей подарил собственными руками сделанную трубу, которую один из членов этой академии — грек Доминикано — назвал телескопом: теле — далекий, скопос — вижу. В 1624 г. Галилей подарил этой академии «трубу-малышку», усовершенствованный им микроскоп. «Академия Линчеев» была практически первым прообразом будущих академий наук в Европе.

4. Создание общей теории оптических приборов. Это событие оказало огромное влияние на методологию исследования природы. Начиная с XIII в., идея возможности создания «зрячих очков» Приобрела практическое очертание в XVII в. В разных странах многие исследователи занимались этой проблемой. Этой проблемой занимался Г. Галилей и добился хороших практических результатов. Начиная с декабря 1609 г., он стал использовать телескоп с двадцатикратным увеличением. Результаты своих астрономических наблюдений он оформил в виде книги, которую назвал «Звездный вестник». Данная работа является первым сообщением об астрономических исследованиях с помощью телескопа. Послав свой «Звездный вестник» И. Кеплеру, он получил не только письмо с восхищением о его результатах, но и краткое изложение теории телескопа, которую И. Кеплер разработал на основе открытого им закона внутреннего отражения света в зрительной трубе. С его теории начинается прикладная наука об оптических приборах. Г. Галилею принадлежит первенство в создании «малой трубы» (оккиалино) размером в три с половиной или пять метров для рассмотрения мелких предметов, сквозь которую «муха кажется столь же большой, как курица». В 1628 г. основатель этой академии Ф. Чези с помощью микроскопа исследовал живые клетки и описал их некоторые функции.

5. Создание «Лондонского Королевского общества для содействия познанию Природы», на гербе которого был девиз: «Ничьими словами», представляющего часть одной из строк «Посланий Горация»: «Я не обязан клясться ничьими словами, кто бы он ни был». Название этого общества сохранено в названии



современной Британской академии наук. Общество было создано в 1645 г. молодыми докторами философии и математики Дж. Валлисом и Дж. Вилкинсом на основе Лондонского Грешэм колледжа, платного учебного заведения, где лекции читали известные специалисты любопытствующим молодым людям, как правило, из богатых семей. Среди этих молодых слушателей был Роберт Бойль

32

(1627—1690), в будущем основатель физики газов и химии. Это сообщество сыграло огромную роль в координации исследований природы учеными разных стран. Первой опубликованной работой данного сообщества была «Микрография» (1665 г.) Р. Гука. В ней он изложил результаты наблюдений мельчайших предметов с помощью сконструированного им же микроскопа со стократным увеличением. Р. Гук был уникальным ученым-экспериментатором. Он известен как автор закона о линейной зависимости деформации упругого тела и как один из авторов клеточной теории строения живого. Он ввел термин «клетка». С 1703 г. президентом этого общества стал Исаак Ньютон, который в 1687 г. в своей работе «Математические начала натуральной философии» изложил основные принципы классической механики, первой физической теории движения.

Членом Лондонского Королевского общества был и самоучка-ученый автор работы «Тайны природы» (1673), написанной для философов, нидерландец Антони Левенгук (1632—1723). Создав микроскоп с увеличением в 300 раз, он открыл живые микросущества, которые назвал «анималькулями». Антони Левенгук в течение значительного периода регулярно оповещал своих коллег из Королевского общества о своих собственных наблюдениях с помощью изобретенного им метода наблюдения. Лишь в начале XX в. американскому бактериологу Коэну удалось разгадать этот метод.

6. В XVII в. появился ряд выдающихся философов и ученых. К ним принадлежал немецкий философ, правовед, математик, логик и ученый Г. Лейбниц. Лейбниц был придворным ученым. Это позволило ему внушить ряду сильных мира сего мысль о необходимости создания Академии наук. При его активном содействии они появились в Германии, Австрии и в России. Он был советником Петра I (1672—1725), жил последние годы жизни на жалованье из царской казны. Под его влиянием в России возникла Академия наук (1725). Лейбниц считал главными двигателями прогресса общества творцов науки, а не полководцев и «сильных мира сего». Он создал научный журнал «Лейпцигские ученые записки». Другим философом, оказавшим огромное влияние на изменение образа науки в XVII в., был Френсис Бэкон. Ему принадлежат яркие тезисы: «Истина — дочь времени, а не авторитета», «Человеческое знание и власть совокупны», «Сколько знаешь, настолько и свободен», «Истинное знание — это знание причин», «Достоинство нау-

33

ки укрепляется ее свершениями и пользой». Французская академия естественных наук была создана в 1666 г.

7. В Новое время успешно развивалась медицина. Уильям Гарвей (1578—1637) — английский профессор анатомии и хирургии в Лондоне — в работе «Анатомическое исследование о движении сердца и крови у животных» (1628) довольно точно описал работу сердца. Гарвей не мог объяснить, для чего нужно кровообращение: для питания или охлаждения. Но он точно объяснил механизм ритмичной работы сердца. Противники называли его «*cierculatio*», что по латыни звучало и как шарлатан, обманщик, и как циркуляция, обращение. После Английской революции (1642) ему пришлось из придворного врача превратиться в обычного врача-исследователя. В последние годы жизни он занимался эмбриологией. Он исследовал эмбрионы птиц. Его домработница говорила, что он разбил понапрасну такое количество яиц, которого хватило бы на яичницу для всего населения Англии того периода. Ему принадлежит знаменитая фраза: «все из яйца». Свои исследования он проводил без микроскопа. Он полностью отрицал идею самозарождения жизни.

Интересна судьба итальянского медика из Болоньи Мальпиги (1628—1694), которого считают создателем микроскопической анатомии. В 1661 г. он опубликовал свои наблюдения о строении легкого и описал кровеносные капиллярные сосуды, соединяющие артерии с венами. Он подвергался нападкам и преследованиям. Жизнь свою закончил в Риме, будучи личным врачом римского папы, отказавшись от чтения лекций и активной исследовательской работы.

### 1.3.7. Развитие естествознания и науки в России

Развитие естествознания, науки в России тесно связано с реформаторской деятельностью Петра I. Реформы Петра I — это своеобразный переворот в истории культуры России. Реформам Петра I нужны были новые люди естественно-научного, новаторского и изобретательского склада ума. Он был лично знаком со многими известными учеными Западной Европы и имел конкретные представления о причинах достижений современной ему Западной Европы. Главной причиной успехов западной цивилизации он считал глубокое изучение достижений античной науки. К периоду реформ Петра в России наука трактовалась как кладезь вечных истин, а под ученостью понимались знания и способности

34

толкования религиозных текстов, положений Библии. Строительство, военное дело, сельское хозяйство, борьба с болезнями готовили людей, обладающих незаурядными способностями, но науки и системы светского образования в государстве не было. В 1701 г. была создана в Москве по приказу Петра I Навигационная школа, которая стала прообразом будущей системы светского образования в России. Указом от 20 января 1714 г. Петром I была утверждена система образования дворянских детей. Реформаторская деятельность Петра I достаточно хорошо изучена.

Начиная с 1721 года, он предпринимает практические шаги по созданию Академии наук в России. Было дано поручение изучить опыт организации академий в странах Западной Европы. На основе анализа собранной информации об академиях Запада были разработаны конкретные предложения: кого, сколько и каких специалистов приглашать для работы в Российскую академию наук.

22 января 1724 г. Петром I был утвержден проект создания Петербургской академии наук, и уже летом 1725 г. в Россию прибыли первые академики. Это были иностранцы, среди которых были известные ученые, например Даниил Бернулли (один из трех братьев Бернулли, прославившихся в математике).

Всего было приглашено 16 человек. В основном это были немцы (один француз, два швейцарца). Академия наук не подчинялась Сенату, она была государственной организацией, и ее деятельность регулировалась уставом этого учреждения. При Петербургской академии наук был создан Петербургский университет (1726) и при нем в 1727 г. создана гимназия. В первый год в гимназии училось 112 учеников (в основном дети иностранцев, живших в России), а через два года число учеников уменьшилось: 1729 г. — 74 ученика, 1737 г. — 19 учеников. Еще более удручающая картина наблюдалась в университете. В течение первых шести лет его существования в нем училось всего восемь студентов, и все из Вены, а в 1783 г. — два, в 1796 г. — три студента. В целом народ не проявлял активного стремления к светской учебе. В стране было крепостное право. Многие общественные деятели этого периода писали о необходимости экономических и политических преобразований в стране, без которых, как они полагали, наука не сможет возникнуть и развиваться в России. К 1760 г. стал падать и авторитет академии. Как отмечал М. В. Ломоносов, «иностранцы уже не хотят поступать на академическую службу».

35

На фоне трудного процесса «вхождения» естествознания в культуру России выглядят впечатляющими достижения первых отечественных ученых: М. В. Ломоносова (1711—1765) — ученый с мировым именем, В. Е. Адагурова (1709—

1780) — первый адъюнкт (помощник профессора) Петербургской академии наук, математик, автор неопубликованной русской грамматики, куратор Московского университета, В. Ф. Зуева (1754—1794) — автор первого русского учебника по естествознанию «Начертание естественной истории» (ч. 1—2, 1786) и других ученых начального периода развития науки в России. О судьбе М. В. Ломоносова интересно рассказано в статье Нобелевского лауреата П. Л. Капицы «Ломоносов и мировая наука»<sup>1</sup>. Ломоносов получил свое научное образование в Германии, где пять лет учился у Х. Вольфа, который был больше философом, чем естественником. В 1741 г. Ломоносов вернулся в Академию наук и через четыре года стал профессором химии. Это был период «правления» И. Э. Бирона (1690—1772), время царствования императрицы Анны Ивановны. Внимание к науке падало. Уехали из Петербурга ученые-математики с мировым именем Леонард Эйлер (1707—1783) и Даниил Бернулли (1700—1782). Эйлер вернулся снова в Россию, но уже при Екатерине II (1729—1796), когда внимание к науке стало повышаться. Ломоносов вел переписку с Эйлером. По инициативе Ломоносова в 1755 г. был открыт Московский университет. Досадным является исторический факт, что в начале XX в. в России никто не мог толком объяснить, кем же был Ломоносов. Он писал на латинском и немецком языках. Его лаборатория куда-то исчезла, из его учеников был известен только С. Я. Румовский (профессор, астроном Академии наук). Ломоносов не оставил после себя никакой школы. Было известно высказывание А. С. Пушкина о Ломоносове как о великом ученом, гении, но Пушкин был поэтом. В книгах по истории физики и химии, изданных на Западе к началу XX в., часто не было упоминаний о Ломоносове или были курьезные пояснения (например, в одной из книг писалось, что Михаила Ломоносова — химика не следует путать с Ломоносовым — поэтом). В 1904 г. профессор Б. Н. Меншуткин, исследовав работы М. В. Ломоносова, показал трагизм и величие судьбы этого русского ученого, отдавшего всю свою жизнь делу развития науки в России. Он на 17 лет раньше французского химика Лавуазье

<sup>1</sup> Капица П. Л. Эксперимент, теория и практика. М.: Наука, 1981. С. 324—345.

36

(1772—1777) открыл закон сохранения вещества, разработал методы точного взвешивания, первым высказал мысль о наличии атмосферы на Венере, точно и ясно выразил гипотезу о кинетической природе тепла и еще многое другое, включая и гуманитарные науки. Будучи уже академиком, М. В. Ломоносов не выезжал за границу и был, по терминологии ученых советского времени, «невыездным». Расцвет его деятельности совпал с периодом падения интереса к науке со стороны власти, общества. Ломоносова ценили как поэта, историка и организатора, но его научная деятельность не была понятна чиновникам и элите двора. Известно его обращение в 1793 г. к графу Шувалову разрешить ему несколько часов «вместо бильярду употребить на физические и химические опыты...»<sup>1</sup>

На примере М. В. Ломоносова можно выделить две **общие тенденции**, которые прослеживаются в отношении Запада к нашей науке и государства к науке в России. Во-первых, недооценка научной общественностью Запада вклада в развитие мировой науки русских ученых часто была связана с недоверием западного общества к политике нашего государства. Этим можно объяснить, что работы многих ученых в период СССР воспринимались с недоверием учеными мирового сообщества. Во-вторых, временами наше отечество создает огромные испытания для людей науки, проводя периодами революции и перестройки.

XIX и XX столетия — это время завоевания и упрочения позиций отечественной науки в развитии мировой науки в целом. Нет такого раздела науки, где бы отечественная наука не была представлена крупными учеными. Например, если взять математику, то здесь можно назвать целый ряд выдающихся наших ученых: Н. И. Лобачевский (1792—1856) — один из создателей неевклидовой геометрии, С. В. Ковалевская (1850—1891) — профессор, заведующая кафедрой математики Стокгольмского университета, М. В. Лихин А. Ф. Концепции современного естествознания : учеб. — ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. - 264 с.

Остроградский (1801 — 1861) — один из основателей Петербургской школы математиков, член многих иностранных академий, имел высокую славу в России. Он доказал известную в математике формулу преобразования переменных в кратных интегралах, П. Ф. Чебышев (1824—1894) - основатель математической школы в Петербурге, член многих иностранных академий, Г. Ф. Вороной (1868—1908) — признанный авторитет в об-

<sup>1</sup> Капица П. Л. Эксперимент, теория и практика. М.: Наука, 1981. С. 332.

37

ласти теории чисел, М. Я. Ляпунов (1857—1918) — огромные достижения в области прикладной математики, А. А. Марков (1886—1922) — доказательства Маркова всемирно известны, речь идет о теории чисел, математическом анализе и теории вероятности, В. А. Стеклов (1803—1926) — занимался проблемой применения математики в области естествознания, его именем назван математический институт АН СССР и многие другие математики советского периода развития науки. Например, А. Я. Хинчин (1894—1959) — теория вероятностей, теория информации, математические проблемы статистики, Н. Н. Лузин (1893—1950) — основатель московской математической школы, последователями которой были такие выдающиеся ученые-математики, как П. С. Александров, Д. Е. Меньшов, М. А. Лаврентьев, А. Н. Колмогоров и ряд других.

В советский период успешно развивалась физика. Основателем и руководителем самой большой школы советских физиков в начале XX в. был А. Ф. Иоффе (1880—1960). Все физики-ядерщики старшего поколения (И. В. Курчатов, Ю. Б. Харитон и другие) вышли из школы А. Ф. Иоффе — первого директора и организатора физико-технического института. К этой школе принадлежит Нобелевский лауреат 2000 г. Ж. Алферов. Несмотря на то что медицина, биология часто подвергались в советское время несправедливой критике, эти отрасли представлены в России учеными мирового уровня: Н. В. Тимофеев-Ресовский (1890—1981) — известен работами в области генетики и экологии, С. С. Четвериков (1880—1959) — сформулировал основные положения популяционной генетики, Г. Ф. Гаузе (1910—1986) — сформулировал закон, получивший название «закон Гаузе» (два разных вида не могут занимать одну экологическую нишу), В. О. Ковалевский (1827—1883) — заложил основы эволюционной палеонтологии и многие другие.

## ВЫВОДЫ

1. Мыслители Древней Греции заложили основы многих наук и предложили ряд глубоких идей об устройстве мира, причем альтернативных. В их стиле мышления отдается предпочтение доказательному, аргументированному познанию. Геоцентрическая модель К. Птолемея отражала уверенность мыслителей античности в божественном происхождении мира и человека.

2. Средневековье в Европе способствовало развитию светского образования. Научные знания рассматривались как гипотетически полезные в светской жизни.

38

3. Эпоха Возрождения - это период появления мыслителей, ставивших своей целью познание природы такой, какая она есть на самом деле. Коперниковская модель мира - это важный этап в развитии естествознания.

4. Новое время формирует новый стиль мышления, который наиболее ярко был выражен в творчестве Г. Галилея.

Мысленный эксперимент и техника измерения физических параметров объектов исследования приобретает в Новом времени определяющее значение.

5. Развитие наук в России часто сталкивается с определенными трудностями политического и идеологического характера. Одной из задач отечественного правоведения является создание эффективных правовых условий устойчивого развития науки в стране.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ

1. Научное содержание учений античных мыслителей об атомах.
2. Основные принципы космологии Аристотеля.
3. Научная картина мира.
4. Особенности формирования естествознания в Новое время.
5. Особенности развития естествознания в России.

## Раздел 2. КОНЦЕПЦИИ КЛАССИЧЕСКОЙ НАУКИ

### Глава 2.1. МЕХАНИЧЕСКАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

*Основные понятия: физика, классическая механика, детерминизм, механическая физическая картина мира, сила тяготения, пространство и время, силы близкодействия и далекодействия*

#### 2.1.1. Понятие детерминизма

В основе механической физической картины мира лежит гипотеза о существовании атомов, а также принцип детерминизма. Исходным физическим понятием в этой картине мира является вещество, локализованное в пространстве и состоящее из атомов. **Механическая (механистическая, машинная) картина мира** — это система взглядов, согласно которой мир, Вселенная, является высокоточной, отлаженной системой машин, действующей по законам механического движения. Например, французский врач, философ Ж. Ламетри (1709—1751) опубликовал в 1748 г. работу «Человек-машина», в которой человек рассматривался как самозаводящаяся машина. Другим важным понятием этой системы является **детерминизм** (лат. *determino*) — определяю). Речь шла о двух значениях этого термина:

1. Первоначальная предопределенность всех событий в мире Богом.

2. Возможность предсказания траектории движения тела в пространстве и времени. Обсуждение этих значений детерминизма столкнулось с рядом сложных вопросов: может ли возникнуть что-нибудь новое в этом предопределенном мире или нет? Применимо ли к предопределенной Вселенной понятие «времени» или мир вечен и время для него не имеет никакого физического смысла? Если Бог создал мир, вложив в него определенное количество движения (на современном языке — энергии), то оно остается в нем постоянным или же оно может «теряться» на огромных его пространствах и Бог непрерывно его восполняет?

**Физический смысл термина «детерминизм»** сформулирован французским математиком, физиком и астрономом П. Лапласом (1749—1827) следующим образом:

«Мы должны рассматривать существующее состояние вселенной как следствие предыдущего состояния и как причину после-

40  
дующего. Ум, который в данный момент знал бы все силы, действующие в природе, и относительное положение всех составляющих ее сущностей, если бы он еще был столь обширен, чтобы внести в расчет все эти данные, охватил бы одной и той же формулой движение крупнейших тел во вселенной и легчайших атомов.

Ничто не было бы для него недостоверным, и будущее, как и прошедшее, стало бы перед его глазами»<sup>1</sup>.

Принцип детерминизма в формулировке П. Лапласа выражает веру создателей классической механики в рациональное устройство Вселенной, в возможность проследить на основе законов механического движения судьбу каждой ее отдельной частицы и состоящих из них тел. По мнению И. Пригожина, о котором уже говорилось выше, вера в вечность и рациональное устройство мира являются характерной чертой классической науки, основанной на принципе детерминизма. Например, И. Ньютон вычислил состояние конца света в 2060 г. Поскольку в классической науке используются понятия пространства и времени, целесообразно привести общие определения этих понятий. **Пространство** в широком смысле — форма сосуществования объектов и событий материального мира. Оно характеризует структурность и протяженность объектов и их систем в материальном мире. **Время** — форма последовательной смены событий и процессов в материальном мире.

### 2.1.2. Физика и классическая механика

Физика и механика — термины, заимствованные из древнегреческого языка. Первый означает в буквальном переводе природа, второй — искусство создания машин, машина или механизм. **Физика** — наука о самых фундаментальных элементах материального мира, природы, Вселенной в целом, о законах и физических силах, господствующих во всем окружающем человека мироздании. К фундаментальным элементам, которые изучает физика, относятся частицы, атомы, ядра атомов, вещество, поле и т. п. Физические силы, изучаемые физикой, — это силы, которые действуют между материальными телами, частицами, полями, излучениями. Физика отличается от химии. **Химия** изучает в основном вещества, их строение, свойства и превращения. Химические

<sup>1</sup> Концепции современного естествознания. 100 экзаменационных ответов. Экспресс-справочник для студентов вузов. Ростов-на-Дону, 2002. С. 58.

41

**свойства вещества — это способность вещества превращаться в другие вещества.** В свое время М. В. Ломоносов прозорливо заметил, что химия будет сближаться с физикой в изучении химических свойств веществ. До второй половины XX в. химия изучала способность превращения вещества на уровне электронных оболочек атомов (обмен электронами и т. п.). Современная химия изучает превращение веществ уже с учетом их внутреннего физического строения (ядро атома, его состав, силы взаимодействия внутри ядра т. п.).

**Первая научная физическая теория была создана в XVII в.** В ее создании участвовало много великих умов человечества, однако ее создателями считаются Галилей и Ньютон. Созданная ими физическая теория называется механикой Галилея — Ньютона. Дальнейшее развитие этой механики называется классической механикой.

Классическую механику называют теорией макромира или макротел, т. е. разделом физики, изучающим физические события, явления в мире материальных тел и систем материальных тел, физические параметры которых достаточно велики (движение молекул, тел, состоящих из молекул и т.д.). Методы и технические средства исследования классической механики не оказывают существенного влияния на физические параметры исследуемых объектов. Измеряя температуру жидкости в сосуде с помощью термометра, исследователь знает, что температура самого термометра существенно не изменит температуру измеряемой жидкости. Иначе обстоит дело, когда исследователь работает с электронным микроскопом. Здесь происходит воздействие прибора на изучаемый объект. И оно существенно.

Раздел механики, в котором изучается движение материального тела во времени без учета причин, вызывающих это движение, называется **кинематикой**. **Динамика** — это раздел механики, в котором изучаются законы механического движения материальных тел с учетом причин, вызывающих эти движения.

Под **причиной** в механике понимается сила, воздействие которой приводит к изменению состояния механического движения материального тела. В механике для определения изменения состояния движения материального тела **используется** понятие «**система отсчета**». Это произвольно выбранная система материальных тел (отдельное тело или материальная точка как обозначение материального тела), с которой связана система прямоугольных коор-

42

динат. Эта система координат позволяет определить положение тел в пространстве и изменение их положения относительно других тел в этом пространстве в результате их механического движения.

Классическая механика постулирует (принимает без доказательства), что в механическом движении тела, системы тел их внутренние физические свойства и внешние физические параметры не изменяются. Масса тела (систем тел) остается постоянной, температура, плотность и другие показатели остаются также неизменными. Следовательно, любое материальное тело можно представить как материальную точку или как систему, состоящую из множества материальных

точек. Такой подход позволяет исследовать механическое движение частиц, составляющих тела, в различных агрегатных состояниях: **твердое тело, жидкость, газ, фазовые переходы** между агрегатными состояниями. В твердом теле частицы находятся вблизи, на коротких расстояниях, в жидкости — на больших расстояниях и т. п.

В механике рассматриваются **замкнутые и незамкнутые системы** тел. Замкнутые системы — это взаимодействие тел без учета воздействия на них внешних сил. Сам источник возникновения движения в материальном мире тел в механике как физической теории не рассматривается. Обсуждение этого вопроса возникает в механической картине мира. Незамкнутые системы — это взаимодействия тел с учетом действия на них внешних сил или окружающей среды.

### 2.1.3. Механика Галилея

Во времена молодости Галилея признанным авторитетом в науке считался Аристотель. Поэтому от Галилея требовали соответствия его физических идей принципам физики, учению Аристотеля о природе. Галилей первым использовал новый метод исследования природы, получивший название **мысленного эксперимента**. Так, рассуждая над принципом Аристотеля (ускорение движения тела к центру Земли пропорционально его весу), Галилей сформулировал мысленную ситуацию, когда падение тела к поверхности является свободным (идеальным, без препятствий воздуха, веса, размера, плотности и т. д.). В этой ситуации свободное падение тела можно рассматривать абстрактно как движение тела по наклонной плоскости под углом  $90^\circ$  к поверхности. Специально сконструированный Галилеем эксперимент движения тел по на-

43

клонной плоскости подтверждал принцип, согласно которому все тела падают на поверхность Земли с одним и тем же ускорением (среднее —  $9,8 \text{ м/с}^2$ ), т. е. независимо от материала, из которого они созданы.

Свое учение о движении Галилей изложил в форме принципов.

**Принцип инерции.** Если на тело не действуют никакие силы, то оно покоится или движется равномерно и прямолинейно. **Инерция** (лат. *inertia*) означает неподвижность и бездеятельность. Строго говоря, обычный опыт не позволяет обосновать этот принцип. В мире все находится в движении. Однако в нем выражена существенная черта движения вне действия внешних сил, причин изменения движения любого материального тела: без физического взаимодействия нет движения.

**Принцип относительности.** Во всех инерциальных системах отсчета законы движения, удовлетворяющие принципу инерции, выглядят или протекают одинаковым образом. Этот принцип равносильен утверждению о том, что все инерциальные системы отсчета эквивалентны, т. е. ни одной из них нельзя отдать предпочтение перед другой. В этом принципе выражена глубокая мысль об универсальном характере физических законов, хотя речь в нем идет только о законах механического движения. Галилей выразил принцип эквивалентности, равноправия всех инерциальных систем отсчета в так называемом методе преобразования координат, т. е. правил описания одного и того же физического события в разных системах отсчета.

Эти преобразования называются преобразованиями Галилея. Согласно этим преобразованиям течение времени, его ритм во всех инерциальных системах отсчета происходит одинаково:  $t(0_1) = t(0_2)$ , где  $t(0_1)$  — время в системе отсчета  $0_1$ , и  $t(0_2)$  — в системе  $0_2$ .

Правило сложения скоростей в преобразованиях Галилея не допускает существования конечной, предельной скорости движения: у него  $C + V$  и  $C - V$ , где  $C$  — скорость света, имеют разные величины.

Неизменными в преобразованиях Галилея остаются размеры движущего тела и его массы в разных системах отсчета. Принцип эквивалентности всех

инерциальных систем отсчета Галилея не позволяет ответить на вопрос: данная система покоится или движется прямолинейно и равномерно? Это решение вызвало дискуссию, существует ли в мире абсолютная система отсчета. Нали-

44

чие подобной системы отсчета позволило бы ответить на вопрос: вращается Земля вокруг своей оси или вращается небесная сфера со звездами относительно неподвижной Земли?

Птолемей — автор геоцентрической системы мира — отрицал вращение Земли, ссылаясь на эффекты действия центробежной силы, возникающей при вращении, в результате которых Земля должна разлететься на части.

Н. Коперник, напротив, считал, что Земля вращается вокруг собственной оси, а центробежные эффекты относятся к небу (там огромные расстояния). Галилей в трактате «Диалог о двух системах мира: птолемеевской и коперниковской» (1632) предложил метод определения вращения Земли. Если с башни высотой в 100 м, расположенной на экваторе Земли, сбросить металлический шар определенного веса, то из-за разности угловой скорости на высоте башни и ее основания этот шар должен упасть на расстоянии 2,5 см от основания башни в направлении на восток (Земля вращается с запада на восток). Поскольку этот эксперимент трудно было осуществить, то среди многих мыслителей того времени бытовало убеждение, что Земля не вращается. Человеческий организм не ощущает вращения Земли. В 1851 г. Л. Фуко (1819—1869) предложил метод определения вращения Земли с помощью колеблющегося маятника, получившего название маятник Фуко.

С поиском абсолютной системы отсчета связан еще один физический вопрос: количество движения в мире (на современном языке — энергии) остается постоянным или нет? Французский философ, математик, физик Р. Декарт, который разработал систему прямоугольных координат и сформулировал свою теорию механического движения, в третьем своем законе механического движения утверждал, что количество движения в созданном Богом мире является постоянным и неизменным.

Из философии Р. Декарта следовало, что в мире нет пустоты, поэтому все силы физического взаимодействия не могут быть силами дальнего действия, а только силами ближнего действия, т. е. через соприкосновение и передачу воздействия через физическую среду. С физической теорией Р. Декарта связано понятие флюидов (текущие) как потока частиц, обеспечивающих процесс передачи тепла, электричества и магнитных сил. Поиски абсолютной системы отсчета сохранились вплоть до конца XIX в.

45

### 2.1.4. Физическая теория И. Ньютона

Ньютон (1646—1727) родился в год смерти Галилея. Его научная деятельность была тесно связана с Лондонским Королевским обществом, сообществом талантливых людей, объединенных общим интересом к познанию природы. Среди них был Р. Гук, который за 80 лет до рождения Ламарка (1744—1829) высказал идеи, схожие с биологическими идеями последнего. Р. Гук интересовался многими проблемами. С открытием нидерландским ученым Х. Гюйгенсом (1629—1695) центробежного ускорения многие в Лондонском Королевском обществе заинтересовались вопросом о силе, управляющей движением небесных тел. Кристофер Рэн, архитектор, обещал в качестве приза редкую книгу, стоимостью в 40 шиллингов, тому, кто найдет разгадку этого вопроса. Имеются сведения, что Р. Гук понял суть принципа квадрата расстояний при взаимодействии материальных тел, но отложил его оформление на будущее. Трактат «О движении» Ньютона, основа будущей его работы «Математические начала натуральной философии» (1687), поверг Р. Гука в шок. В кофейне, где члены Лондонского Королевского общества обсуждали трактат Ньютона «О движении», Р. Гук назвал Ньютона плагиатором, так как в своем приглашении на



заседание общества, которое он направил Ньютону, он изложил собственные соображения о законе обратных квадратов.

В «Математических началах натуральной философии» Ньютон представил стройную систему понятий и принципов описания механического движения. Его заслуга состояла в том, что он первым в математической форме выразил общие идеи и мысли о механическом движении всех своих предшественников и современников.

Первый закон Ньютона. Тело движется в одном и том же направлении с неизменной быстротой, если на него не действует сила. Следовательно, если на тело не действует сила, то оно сколько угодно долго пребывает в состоянии покоя.

Первый закон Ньютона является обобщением принципа инерции Галилея. Ньютон использует понятие быстроты, т. е. ускорение, изменение скорости, по которому можно заметить действие силы на материальное тело. Далее, этот закон утверждает избирательное, важное значение инерциальных систем отсчета для изучения движения тел, следуя методологическому принципу «от простого к сложному».

Второй закон Ньютона. Ускорение, сообщаемое телу, прямо пропорционально величине силы, действующей на тело, и обрат-

46

но пропорционально его инертной массе:  $a = F/m$ , где  $a$  — ускорение,  $F$  — сила,  $m$  — инертная масса. Ньютон определил массу тела как количество вещества, содержащееся в теле. Из опыта известно, что всякое тело «противится» изменению состояния своего движения и одинаковые силы, приложенные к различным телам, сообщают им разные ускорения. Следовательно, есть общее физическое свойство всех материальных тел, а именно способность материальных тел препятствовать изменению состояния их движения или покоя. Это свойство получило название инертной массы тела.

**Третий закон Ньютона.** Силы взаимодействия тел равны по величине и противоположны по направлению:  $F(AB) = -F(BA)$ , где  $AB$  — тела,  $F(AB)$  — сила, с которой  $A$  действует на  $B$ , и  $-F(BA)$  — сила, с которой тело  $B$  действует на тело  $A$ .

Третий закон Ньютона говорит о характере физического взаимодействия между материальными телами. В механическом взаимодействии силы возникают попарно, т. е. действию соответствует противодействие. Все эти три закона Ньютона лежат в основе классической механики.

Размышляя над проблемой свободного падения тел, установленного Галилеем, Ньютон попытался ответить на вопрос, какая сила заставляет материальные тела падать к поверхности Земли и не является эта сила той же физической природы, которая заставляет двигаться планеты вокруг Солнца по законам И. Кеплера (по эллипсам, а не по окружностям). Рассуждая чисто дедуктивно, он сформулировал закон всемирного тяготения: Земля имеет массу, яблоко тоже. По второму закону Ньютона сила прямо пропорциональна массе тела ( $F = ma$ ). В случае свободного падения яблока на Землю имеет место взаимодействие двух масс (яблока и Земли), следовательно, сила  $F$  должна быть пропорциональна произведению масс ( $m_1 m_2$ ), участвующих в физическом взаимодействии, названном свободным падением. Отсюда естественным является вопрос, будет ли меняться величина силы при увеличении расстояния между телами с массами  $m_1$  и  $m_2$ .

Сравнивая ускорение свободного падения тела на Луне с ускорением свободного падения на Земле, Ньютон пришел к выводу, что в случае свободного падения Луна и Земля ведут себя как тела, масса которых сконцентрирована в их центре. Такое явление, как считал Ньютон, возможно лишь в случае, когда величина силы между взаимодействующими телами обратно пропорциональна

47

квадрату расстояния между ними:  $F = G (m_1 m_2 / R^2)$ , где  $G$  гравитационная постоянная, вычисленная опытным путем  $m_1$  и  $m_2$  — массы тела,  $R$  — расстояние между телами. При  $m_1 = 1$  кг,  $m_2 = 1$  кг и  $R = 1$  м величина  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  Нм/кг (где Н — сила (ньютон), которая, будучи приложенная к телу в 1 кг (массу),

Лихин А. Ф. Концепции современного естествознания : учеб. — ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. -

сообщает ему ускорение  $a$ , равное  $1 \text{ м/с}^2$ ). Величина гравитационной постоянной зависит от выбора системы отсчета.

Закон всемирного тяготения Ньютона говорит о наличии в природе универсальной силы физического взаимодействия между материальными телами, которая является объективной и независимой от настроений и желаний людей. Выраженная в этой математической формуле зависимость между значениями входящих в нее величин позволяет предсказывать действие этой силы взаимодействия во времени. Эту силу взаимодействия стали называть силой тяготения, гравитационным физическим взаимодействием между материальными телами.

**Сила тяготения** — это исторически первая сила физического взаимодействия, которая была открыта естествознанием. В формулировке закона всемирного тяготения Ньютон использовал понятие **тяжелой массы** тела. Тяжелая масса тела зависит от массы тела, находящегося с ним в гравитационном взаимодействии. Он полагал, что **отношение между инертной и тяжелой массой** тел является одинаковым и не зависит от природы материала, из которого тела созданы (железо, дерево и т. д.). Это предположение вызвало оживленную дискуссию о физической природе этого отношения. А. Эйнштейн предложил решение этого вопроса в общей теории относительности.

### 2.1.5. Содержательные допущения и следствия механики Галилея - Ньютона

Спустя семь лет после выхода в свет «Математических начал натуральной философии» Ньютона молодой религиозный деятель Ричард Бэнтли (1662—1742) написал письмо великому физики, в котором попросил его ответить на вопрос, не может ли сила тяготения быть причиной образования звезд. Этот вопрос затрагивает тему отношения теоретических понятий физики Галилея — Ньютона к реальному, материальному миру.

Данному вопросу можно придать современный смысл. Сила тяготения — это сила близкодействия? С какой скоростью она распространяется? С конечной или мгновенной бесконечной? Каким

48

образом свет распространяется в космическом пространстве? Реальное время течет от прошлого к будущему, которые имеют собственные, не сводимые друг к другу физические состояния, почему же тогда механическое движение обратимо во времени? Как объяснить свободное падение тел? Почему инертная и гравитационная массы тела представлены разными формулами (формула  $F = ma$  относится к инертной массе, формула  $F = G (m_1 m_2 / R^2)$  — к гравитационной)?

Ответы на эти вопросы можно разделить на две части: **A** — ответ самой физической теории Галилея — Ньютона и **B** — трактовка проблем, лежащих в основе этих вопросов, самим Ньютоном в форме свободных рассуждений.

#### A. Механика Галилея — Ньютона

1. Сила тяготения является дальнедействующей силой и распространяется с бесконечной скоростью без соприкосновения между взаимодействующими телами.

2. Пространство и время заданы самим Богом и не наделены физическими свойствами.

3. Закон всемирного тяготения точно описывает специфику этого физического взаимодействия, но причины, которые вызывают это взаимодействие, неизвестны.

4. Сила тяготения не действует на свет, на его траекторию движения.

5. В мире возможны одновременные события, так как время — это абсолютная математическая длительность, мера определения движения тел в пространстве.

6. Ритм времени одинаков в каждой точке Вселенной и по всем ее направлениям.

7. Пространство — это своеобразная арена, сцена, на которой происходят физические события.

8. Математическая теория пространства Евклида правильно отражает метрику пространства при механическом движении: два прямолинейно движущихся тела никогда не пересекутся в своем движении на просторах Вселенной.

9. Часы, установленные на движущемся теле, не замедляют и не ускоряют свой ход, величина массы тела также остается неизменной в механическом движении тел.

**Б. Ответ Ньютона в форме свободного рассуждения 1.** Если бы все вещество нашего Солнца и все вещество Вселенной было бы равномерно рассеяно в небесных глубинах, и если

49

бы каждая частица имела врожденное тяготение ко всем остальным частицам, и если бы, наконец, пространство, в котором рассеяна вся материя Вселенной, было конечным, то все вещество снаружи этого пространства в силу тяготения влеклось бы ко всему веществу, которое находится внутри этого пространства, и тем самым создало бы внутри пространства огромную сферическую массу.

В этом рассуждении Ньютон говорит о гравитационной неустойчивости Вселенной, т. е. при отсутствии силы отталкивания, противоположной силе тяготения, тяготение приведет к скручиванию массы всех тел во Вселенной в одном центре. Этот эффект называется коллапсом (падение внутрь), заимствовано из латинского языка.

2. Если пространство бесконечно и вещество Вселенной равномерно распределено в этом пространстве, то вещество Вселенной сгущалось бы в точках пространства, создавая бесконечное число массивных тел. Именно в бесконечном пространстве из вещества (частиц) могло образоваться наше Солнце и другие небесные тела под действием силы тяготения.

В своих рассуждениях Ньютон отмечает важность свойств самого **пространства (замкнутое, открытое)** для физических процессов образования материальных тел во Вселенной. Как и Галилей, он считал, что в материальном мире все состоит из вечных, нестареющих частиц, некоторые из них имеют светящуюся природу. Из них состоят звезды.

Ньютону принадлежит интересная гипотеза о том, что «жар Солнца» и звезд сохраняется большим их весом и высокой плотностью окружающих их атмосфер, оболочек, сжимающих их со всех сторон. В последние годы своей жизни Ньютон уделял большое внимание изучению оптических явлений.

**Физическая природа света.** Физическая природа света была предметом исследования многих мыслителей времени Ньютона. Р. Гук рассматривал свет как волновое явление, движение волн. Это означало, что пространство между небесными телами заполнено эфиром, особым физическим материальным агрегатным состоянием. По мере изучения свойств распространения света эфир наделялся рядом фантастических физических свойств: невесомый, разряженный, всепроникающий и т. п.

Гипотеза Ньютона о корпускулярной природе света как потока частиц, подверженных колебательному движению, не была попу-

50

лярна в его время. Невозможно было в XVII в. и осуществить метод Галилея для измерения скорости света, который он предложил в работе «Беседы о математическом доказательстве» (1638). Астроном Х. Кассини (1625—1712) утверждал, что скорость света конечна, однако приводимым им доказательствам не поверили. «Трактат о свете» (1690 г. — дата публикации) Х. Гюйгенса (1629—1693) считался наиболее авторитетным трудом в то время. В нем приводились доказательства волновой физической природы света.

В конце XIX в. и в первом десятилетии XX в. проблема физической природы света приобрела вновь актуальное значение в работах Г. Герца (1857—1894) и А. Эйнштейна, который обратился к корпускулярной гипотезе света И. Ньютона.

### 2.1.6. Механическая картина мира

Популяризация идей механики И. Ньютона связана с именем французского философа Вольтера (1694—1778). При его активном содействии работа Ньютона «Математические начала натуральной философии» была переведена с латинского языка на французский язык. Затем Вольтер написал популярное изложение механики Ньютона под названием «Элементы учения Ньютона». В философии Вольтера большое место занимала критика церкви, борьба за общественный прогресс и образование. Механика Ньютона представлялась ему образцом человеческого творчества, проникающего в глубины тайн устройства природы. Популяризация механики Ньютона способствовала возникновению механистической физической картины мира, в которой Вселенная представлялась в виде мировой машины или механизма, подчиняющегося законам механического движения.

Триумфом механики И. Ньютона стали открытия астрономов. В 1781 г. была открыта планета Уран, в 1846 г. — Нептун, в 1930 г. — Плутон. Каждому из этих астрономических открытий предшествовали вычисления на основе закона всемирного тяготения Ньютона.

Механика Ньютона стала научной основой создания первых концепций строения Вселенной и образования структур в ней. И. Кант (1724—1804) и П. Лаплас (1749—1827) — авторы небулярной гипотезы (лат. *nebula* — туман). Ньютону принадлежит приоритет в вычислении орбит искусственных спутников Земли. На расстоянии 40 тыс. километров спутник синхронно движется

51

относительно определенной точки поверхности Земли (постоянно находится над ней).

Открытие силы гравитации поставило перед естествознанием ряд загадочных вопросов:

1. Как эта сила возникает? В реальности человек ощущает действие этой силы?
2. Как она распространяется: в виде волн или особых частиц (гравитонов) и с какой скоростью?
3. Сила гравитации, по Ньютону, ослабевает с увеличением расстояния между телами. Поэтому возникает вопрос, нет ли таких мест во Вселенной, где ее величина равна нулю. Иначе говоря, она является универсальной или где-то во Вселенной она ослабевает настолько, что физическое ее действие не играет никакой роли?
4. Можно ли экранировать действие силы гравитации? Это обстоятельство имеет большое значение для космических путешествий.
5. Как связано действие силы гравитации с пространством и временем?
6. Можно ли использовать силу гравитации для изучения строения Земли? Такого рода вопросы-загадки стали ориентиром в развитии новых физических теорий, следовавших за механикой Галилея — Ньютона.
7. Существуют ли гравитоны, частицы, которые позволяют силе тяготения распространяться с мгновенной скоростью? Швейцарский ученый Фотье дю Дюйе (1664—1753) высказал гипотезу о существовании гравитонов в связи с обсуждением теории Ньютона.

### ВЫВОДЫ

1. Механика Галилея - Ньютона рассматривала законы движения вещества, материальных тел, имеющих массу. Понятия физического поля появляются лишь в XIX в.

2. В этой механике время и пространство заданы как бы от Бога и не имеют физического содержания, т. е. временной ритм и пространство являются абсолютными условиями существования физических тел. Физического воздействия на тела они не оказывают.

3. Принцип детерминизма всей классической механики исключает возможность событий случайного физического характера (самоорганизации, са-

52

моразвития). Случайность события связывается с недостаточным знанием о нем.

Но этот недостаток в принципе можно устранить в изучении события, исследуя его бесконечно долго.

4. Физические события в закрытых механических системах являются **обратимыми**, поскольку время имеет математический, а не физический смысл.

5. В закрытых механических системах действуют физические законы сохранения (импульса, энергии, массы и т. п.), т. е. однажды качнувшийся маятник Фуко будет в замкнутой системе качаться вечно, точно повторяя траекторию своего движения слева направо.

6. Для объяснения причинно-следственных связей в мире классическая механика косвенно использует понятие **времени**: следствие не может предшествовать причине, причина и следствие не могут быть одновременными, отдаленная причина определяется через последовательность событий во времени,

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ

1. В чем выражается суть метода Галилея в изучении явления свободного падения тела?

2. Как трактуется время и пространство в механике Галилея - Ньютона?

3. Почему в закрытых механических системах физические события являются обратимыми?

4. Какие открытия в области астрономии были созданы на основе механики Ньютона?

5. Принцип детерминизма (его физический смысл, содержание).

## Глава 2.2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ КАРТИНА МИРА

*Основные понятия: электрическое и магнитное взаимодействия, заряд, поле, электромагнитная физическая картина мира, закон электромагнитного взаимодействия*

### 2.2.1. Классическая электродинамика

Эта теория была создана в 60-х годах XIX в., в ней речь идет о законах связи электрических и магнитных сил. На основе данной теорий были сделаны попытки создания электромагнитной картины мира. Если теория Галилея — Ньютона имела дело с веществом, то эта теория — с понятием физического поля.

Электрические и магнитные силы относятся к естественным наблюдаемым явлениям. Например, естественный магнит представляет минерал, названный магнетитом, образующийся в процессе окисления железа при высокой температуре. Этот минерал довольно широко распространен на поверхности Земли. Римский философ и поэт Лукреций, живший в 99—55 гг. до н. э., считал, что термин «магнит» произошел от названия местности Холмы Магнезии в Малой Азии, где добывали железную руду. Есть и другая версия. Утверждается, что это слово произошло от названия «камень Магнитуса» (Магнитус — это имя пастуха, которому древнегреческой легендой II в. до н. э. приписывается факт обнаружения притягивания железного наконечника палки и железных гвоздей его сапог определенными каменными породами).

Термин «электричество» происходит от древнегреческого слова *«elektron»* — янтарь. Еще античные мыслители знали, что натертая шерстью янтарная палочка приобретает новое физическое свойство — при прикосновении к другим телам она вызывает искрение или свечение. В дальнейшем это свойство было названо электрически заряженным телом.

Свойство тел вступать в электромагнитные взаимодействия с другими телами и величину силы этого взаимодействия называют **зарядом**. Электрические заряды делятся на положительные и отрицательные. Положительный заряд возникает на стекле, натертом кожей, **отрицательный** — на янтаре, натертом шерстью.

### 2.2.2. Кратко об истории изучения магнетизма

С XII в. многие исследователи интересовались направлением стрелок компаса строго по линии север — юг. Слово «полюс» (лат.

54

*polus* — ось, граница, предел чего-то) в словосочетании «географический полюс» означает точку пересечения оси вращения Земли с земной поверхностью. Поскольку ось вращения Земли меняет со временем свой наклон, то географические полюса медленно меняют свое местоположение. Южный географический полюс был открыт в 1911 г. норвежской экспедицией под руководством Р. Амундсена (1872—1925). Он находится в Антарктиде (Полярное

плато, на высоте 2800 м).

Северный географический полюс находится в центральной части Северного Ледовитого океана. Первым Северного полюса достиг в 1909 г. американец Р. Пири. Впервые в истории мореплавания советский атомный ледокол «Арктика» достиг Северного полюса 17 августа 1977 г. В XIII в. Петр Перегринус предложил метод определения полюсов магнитного тела. На шаре из магнита имеются две точки, в которых магнитная стрелка устанавливается под углом в  $90^\circ$ . Эти точки называли полюсами магнитного шара. Это физическое явление (изменение горизонтального положения магнитной стрелки под определенным углом, вплоть до  $90^\circ$ ) называется магнитным наклоном. Оно характеризует величину магнитной силы Земли, действующей на магнитную стрелку в данном месте. На северном магнитном полюсе северный конец магнитной стрелки направлен строго вертикально вниз (притягивается южным полюсом), на южном магнитном полюсе имеет место обратная ситуация: северный конец магнитной стрелки направлен вверх.

В середине XVII в. многие исследователи полагали, что Земля является большим шарообразным магнитом. Эта идея была изложена в знаменитом труде английского врача В. Гильберта «О магните, магнитных телах и о большом магните — Земля» (1660). В этом труде утверждалось, что географические полюсы север — юг совпадают с магнитными полюсами. Однако дальнейшее изучение вопроса о совпадении географических и магнитных полюсов, которое велось в XVIII и XIX вв., показало, что данное совпадение отсутствует. Отклонение магнитной оси Земли от оси ее вращения называется магнитным склонением. В России, за период с 1829 по 1836 г. было открыто несколько магнитных обсерваторий для измерения магнитного склонения в целях развития мореплавания в суровых климатических условиях. Большую роль в проведении и организации точных магнитных измерений в России (1871 — 1878 гг.) сыграл профессор Казанского университета

55

И. Н. Смирнов. Работы, которые он проводил, привели к созданию первых магнитных карт России.

Английский физик М. Фарадей доказал, что силовые линии магнита исходят из его северного полюса и входят в его южный полюс. Внутри магнита направление магнитных сил противоположно направлениям внешних магнитных сил магнита. На основании этого факта исследования установили, что южный магнитный полюс Земли находится в Северном географическом полушарии, его открыл в 1831 г. английский полярный исследователь Джон Росс, а северный магнитный полюс — в Южном географическом полушарии, его открыл в 1841 г. Джеймс Росс (племянник Джона Росса) на окраине антарктического материка на расстоянии 800 км от южного географического полюса. Южный магнитный полюс находится на расстоянии около 1000 км от северного географического полюса (полуостров Бутия, Канадский архипелаг).

Французский ученый Ш. Кулон (1736—1806) является одним из первых исследователей, которые пытались измерить силы магнитного взаимодействия. В 1785 г. он сформулировал закон взаимодействия между магнитными массами. Он полагал, что все большие магниты составлены из маленьких магнитов. Сформулированный им закон для магнитных сил утверждал, что сила взаимодействия между магнитными массами обратно пропорциональна расстоянию между ними. Еще годом раньше он сформулировал закон о взаимодействии между электрически заряженными телами, который также утверждал, что сила взаимодействия между электрическими зарядами обратно пропорциональна расстоянию между заряженными телами. В последнем случае речь идет об известном законе Ш. Кулона:  $F_{\text{электр.}} = K(q_1q_2/r^2)$ , где  $K$  электрическая постоянная,  $q_1$  и  $q_2$  — электрические заряды,  $r$  — расстояния между зарядами. Однако Ш. Кулону не был известен факт о связи электрических и магнитных сил. Этот факт был обнаружен в 1820 г. шведским ученым Х. Эрстедом (1777—1851).

Исследования Ш. Кулона положили начало изучению ряда важных проблем электричества и магнетизма: является ли Земля магнитным шаром, как утверждал еще В. Гильберт? существуют ли магнитные заряды? как осуществляется действие электрических сил и магнитных сил в пространстве? имеют ли электрические и магнитные силы единую физическую природу? В частности, изучение Земли как магнитного шара показало, что многие геологические породы не обладают свойством намагничивания, т. е. не приобретают

56

свойства магнита. Причем некоторые из земных пород, такие как гипс, каменная соль, свинец и ряд других, при их намагничивании во внешнем магнитном поле не усиливают это магнитное поле, а, наоборот, ослабляют его. Таким образом, подобные породы противоположны по магнитным свойствам так называемым ферромагнитам.

**Ферромагниты** — (лат. *ferrum* — железо) — вещества, которые при их намагничивании во внешнем магнитном поле усиливают данное магнитное поле. Это обстоятельство вызвало сомнение в представлении о Земле в форме шарообразного магнита. Другим обстоятельством, усиливающим это сомнение, было открытие факта утрачивания ферромагнитами магнитных свойств при температурах свыше ( $+100^{\circ}\text{C}$ ): железо —  $780^{\circ}\text{C}$ , магнетит —  $580^{\circ}\text{C}$  и другие. Эти температурные точки для ферромагнитов называются обобщенно точкой Кюри: П. Кюри (1859—1906) сформулировал этот закон в 80-х годах XIX в.

Идея Ш. Кулона о магнитных частицах, обладающих обоими магнитными полюсами, сходна с гипотезой о существовании частицы, названной **«монополь Дирака»**, т. е. частицы, обладающей только одним магнитным полюсом, аналогичным электрическому заряду. П. Дирак — один из создателей квантовой механики. В слове «монополь» соединены два слова греческого происхождения: моно — один, поль — полюс.

Электрические монополи существуют. Это положительно и отрицательно заряженные частицы. Магнитные монополи до сих пор не обнаружены, хотя существуют как электрические, так и магнитные диполи (два полюса): два точечных электрических заряда, расположенных на расстоянии, равных по величине и противоположные по знаку, а также магнитный диполь (равные по величине магнитные противоположные заряды, находящиеся на условно одинаковом расстоянии). Исследование магнетизма обнаружило тесную связь его с электрическими явлениями, но лишь физическая теория электромагнитного взаимодействия, созданная в 60-х годах XIX в., дала более ясное понимание природы магнитных явлений на Земле. Уже в начале XX в. в этой области появилось две теории: а) электрическая и б) теория, которая связывает магнетизм Земли **со структурой пород**, составляющих земную кору, обладающих свойством намагничивания. Эти теории существуют и в настоящее время.

57

Первая утверждает, что электрические токи, возникающие внутри Земли, создают ее магнитное поле. Эти токи были названы вихревыми. Вторая теория считает, что магнитные свойства Земли, ее магнитосфера обусловлены строением образующих ее геологических пород. Речь идет о так называемых **доменах** — это группы атомов, образующие области, где их магнитные моменты ориентированы в одном направлении.

### 2.2.3. Исследование электрической силы

Исследованием этой проблемы занималось много ученых. Б. Франклину (1706—1790) — одному из авторов Декларации независимости США (1776) и Конституции США (1787) — принадлежит несколько плодотворных идей в исследовании природы электричества. Он полагал, что электричество, свободно движущееся в металлах, переносится мельчайшими частицами, которые существенно меньше атомов. Он же ввел понятие положительного и отрицательного зарядов: положительный заряд — это заряд тела, которое

накапливает электричество, отрицательный — это заряд тела, теряющего электричество. Франклин не знал, что электричество связано с движением электронов. Поэтому то, что он назвал положительным зарядом, является на самом деле отрицательным, но традиция сохраняет принятые Франклином термины.

Б. Франклину принадлежит формулировка закона сохранения электрических зарядов в замкнутой системе (без действия внешних сил): полный заряд тел, входящих в эту систему, сохраняется, хотя внутри этой системы будут происходить изменения заряда от тела к телу при их движении внутри системы. Электричество, которое изучал Франклин, называется статическим. В России электричество изучалось М. В. Ломоносовым и Г. В. Рихманом (1711—1753), академиком Петербургской академии, погибшим по нелепой случайности при эксперименте. М. Ломоносову были известны идеи Франклина. В своей диссертации «Теория электричества, математически выведенная автором М. Ломоносовым» он сформулировал принципиально новое объяснение атмосферного электричества, чего у Франклина не было: электричество возникает в результате «трения» вертикально восходящих и нисходящих потоков частиц воздуха в атмосфере.

Исследование динамического электричества начинается с открытий итальянцев А. Вольта (1745—1827) и Л. Гальвани (1734—1787). Изобретение в 1800 г. электрической батареи как ис-

58

точника постоянного электрического тока в результате химического и механического процессов вызвало огромную сенсацию: человечество приобрело способ производства электричества.

В 1791 г. профессор анатомии в Болонии Л. Гальвани опубликовал трактат «Об электрических силах в мускуле», в котором говорилось, что механизм передачи, взаимодействия в животных тканях имеет электрическую природу. Эта идея, основанная на эксперименте с лягушками, вызвала огромную сенсацию. Многие врачи стали рассматривать электричество как средство воскрешения из мертвых и восстановления функций организма: дыхания, сердцебиения, а некоторые пытались использовать электричество как средство оживления.

В 1809 г. Л. Окен, последователь немецкого философа Ф. Шеллинга (1775—1854), опубликовал трехтомный труд «Учебник натуральной философии», в котором сформулировал 3738 истин-постулатов о происхождении жизни на основе гальванической полярности, т. е. электричества. Л. Окен развивал идею Ф. Шеллинга о природе как о развивающейся и самоорганизующейся системе, но не приводил доказательств в обоснование выдвинутых им постулатов. Исследования Ш. Кулона электрических и магнитных сил показали, что эти силы действуют в пустоте (вакууме) и убывают с увеличением расстояния между телами, как электрически заряженными, так и являющимися намагниченными. Это означало, что эти силы не нуждаются в физической среде для своего распространения и, следовательно, являются, как и силы тяготения, силами дальнего действия, убывающими с увеличением расстояния между взаимодействующими телами.

Аналогия между этими силами включала и существенные различия: сила тяготения, по Ньютону, зависела исключительно от массы взаимодействующих тел, в то же время электрическая сила, как показал Ш. Кулон, зависит от величины зарядов тел и их знаков (одноименно заряженные тела отталкиваются, заряженные противоположными знаками — притягиваются). Кроме этого, прохождение электричества через металлы приводит к их нагреванию, что не наблюдалось при намагничивании тел. Далее, при электрическом взаимодействии наблюдается явление электрического разряда типа молнии и свечения среды, при магнитном и гравитационном взаимодействии такое явление отсутствует. В 1820 г. шведский ученый Х. Эрстед (1777—1851) на четырех страницах опубликовал наблюдаемое им явление. Он был уверен

59

в существовании всеобщей связи в мире и наблюдаемое им явление расценивал Лихин А. Ф. Концепции современного естествознания : учеб. — ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. - 264 с.



как подтверждение этой идеи. Демонстрируя опыт о нагревании проводника, через который проходит электричество, он случайно оставил около этого проводника компас. Наблюдательный студент обратил внимание на факт отклонения стрелки компаса от ее первоначального положения, когда по проводнику пропускать электричество. Х. Эрстед не смог дать объяснения этому факту. Но этот факт имел решающее значение в изучении связи электрических и магнитных сил. До этого было известно, что стрелки компаса изменяют свое положение на противоположное во время электрических разрядов в атмосфере.

Во Французской академии А.М. Ампер (1775—1836) и его современник Д. Ф. Араго занимались этими проблемами. Первый пытался объяснить, почему движущиеся электрические заряды производят магнитные свойства, а неподвижные — нет. А. Ампер внес огромный вклад в развитие электродинамики, но его слабое здоровье не позволило ему осуществить многие идеи в области не только электродинамики, но и науки в целом. Что касается Д. Ф. Араго, изучавшего явление отклонения магнитной стрелки при атмосферных процессах с электрическими разрядами, то он был близок к объяснению открытия Х. Эрстеда, но это удалось сделать лишь английскому физика М.Фарадею (1791 — 1867). Именно исследования М. Фарадея стали основой теории электромагнитного взаимодействия, созданной другим английским физиком Д. Максвеллом (1831 — 1879).

#### 2.2.4. Понятие физического поля

М. Фарадей вошел в науку исключительно благодаря таланту и усердию в самообразовании. Выходец из бедной семьи, он работал в переплетной мастерской, где познакомился с трудами ученых, философов. Известный английский физик Г.Дэви (1778—1829), который способствовал вхождению М. Фарадея в научное сообщество, однажды сказал, что самым крупным его достижением в науке является «открытие» им М. Фарадея. М. Фарадей изобрел электродвигатель и электрогенератор, т. е. машины для производства электричества. Ему принадлежит идея о том, что электричество имеет единую физическую природу, т. е. независимо от того, каким образом оно получено: движением магнита или прохождением электрически заряженных частиц в проводнике. Для объяснения

60

взаимодействия между электрическими зарядами на расстоянии М. Фарадей ввел понятие физического поля. **Физическое поле** он представлял как свойство самого пространства вокруг электрически заряженного тела оказывать физическое воздействие на другое заряженное тело, помещенное в это пространство. С помощью металлических частиц он показал расположение и наличие сил, действующих в пространстве вокруг магнита (магнитных сил) и электрически заряженного тела (электрических). Свои идеи о физическом поле М. Фарадей изложил в письме-завещании, которое было вскрыто лишь в 1938 г. в присутствии членов Лондонского Королевского общества. В этом письме было обнаружено, что М. Фарадей владел методикой изучения свойств поля и в его теории электромагнитные волны распространяются с конечной скоростью. Причины, по которым он изложил свои идеи о физическом поле в форме письма-завещания, возможно, следующие. Представители французской физической школы требовали от него теоретического доказательства связи электрических и магнитных сил. Кроме того, понятие физического поля, по М. Фарадею, означало, что распространение электрических и магнитных сил осуществляется непрерывным образом от одной точки поля к другой и, следовательно, эти силы имеют характер близкодействующих сил, а не далекодействующих, как полагал Ш. Кулон. М. Фарадею принадлежит еще одна плодотворная идея. При изучении свойств электролитов он обнаружил, что электрический заряд частиц, образующих электричество, не является дробным. Эта идея была подтверждена

определением заряда электрона уже в конце XIX в.

### 2.2.5. Теория электромагнитных сил Д. Максвелла

Подобно И. Ньютону Д. Максвелл придал всем результатам исследований электрических и магнитных сил теоретическую форму. Произошло это в 70-х годах XIX в. Он сформулировал свою теорию на основе законов связи взаимодействия электрических и магнитных сил, содержание которых можно представить таким образом:

1. Любой электрический ток вызывает или создает магнитное поле в окружающем его пространстве. Постоянный электрический ток создает постоянное магнитное поле. Но постоянное маг-

61

нитное поле (неподвижный магнит) не может создавать электрическое поле вообще (ни постоянное, ни переменное).

2. Образовавшееся переменное магнитное поле создает переменное электрическое поле, которое, в свою очередь, создает переменное магнитное поле, и так далее.

3. Силовые линии электрического поля замыкаются на электрических зарядах.

4. Силовые линии магнитного поля замкнуты сами на себя и никогда не кончаются, т. е. не существует в природе магнитных зарядов.

В уравнениях Д. Максвелла присутствовала некоторая постоянная величина  $C$ , которая указывала, что скорость распространения электромагнитных волн в физическом поле является конечной и совпадает со скоростью распространения света в вакууме, равной 300 тыс. км/с.

### 2.2.6. Электромагнитная картина мира

Теория Д. Максвелла была воспринята некоторыми учеными с большим сомнением. Например, Г. Гельмгольц (1821—1894) придерживался точки зрения, согласно которой электричество является «невесомым флюидом», распространяющимся с бесконечной скоростью. По его просьбе Г. Герц (1857—1894) занялся экспериментом, доказывающим флюидную природу электричества. К этому времени О. Френель (1788—1827) показал, что свет распространяется не как продольные, а как поперечные волны. В 1887 г. Г. Герцу удалось построить эксперимент. Свет в пространстве между электрическими зарядами распространялся поперечными волнами со скоростью 300 тыс. км/с. Это позволило ему говорить о том, что его эксперимент устраняет сомнения в тождественности света, теплового излучения и волнового электромагнитного движения.

Этот эксперимент стал основой для создания электромагнитной физической картины мира, одним из приверженцев которой был Г. Гельмгольц. Он полагал, что все физические силы, господствующие в природе, должны быть объяснены на основе притяжения и отталкивания. Однако создание электромагнитной картины мира столкнулось с трудностями.

1. Основным понятием механики Галилея — Ньютона было понятие вещества, имеющего массу, но оказалось, что вещество может обладать зарядом.

62

Заряд — это физическое свойство вещества создавать вокруг себя физическое поле, оказывающее физическое воздействие на другие заряженные тела, вещества (притяжение, отталкивание).

2. Заряд и масса вещества могут иметь разную величину, т. е. являются дискретными величинами. В то же время понятие физического поля предполагает передачу физического взаимодействия непрерывно от одной его точки к другой. Это означает, что электрические и магнитные силы являются близкодействующими силами, поскольку в физическом поле нет пустого пространства, не заполненного электромагнитными волнами.

3. В механике Галилея — Ньютона возможна бесконечно большая скорость

физического взаимодействия, здесь же утверждается, что электромагнитные волны распространяются с большой, но конечной скоростью.

4. Почему сила гравитации и сила электромагнитного взаимодействия действуют независимо друг от друга? При удалении от Земли сила тяжести уменьшается, ослабевает, а электромагнитные сигналы действуют в космическом корабле точно таким же образом, как и на Земле. В XIX в. можно было привести столь же убедительный пример без космического корабля.

5. Открытие в 1902 г. П. Лебедевым (1866—1912) — профессором Московского университета — светового давления обострило вопрос о физической природе света: является ли он потоком частиц или только электромагнитными волнами определенной длины? Давление, как физическое явление, связано с понятием вещества, с дискретностью — точнее. Таким образом, давление света свидетельствовало о дискретной природе света как потока частиц.

6. Сходство убывания гравитационных и электромагнитных сил — по закону «обратно пропорционально квадрату расстояния» — вызывало законный вопрос: почему квадрат расстояния, а, например, не куб? Некоторые ученые стали говорить об электромагнитном поле как об одном из состояний «эфира», заполняющего пространство между планетами и звездами.

Все эти трудности происходили из-за отсутствия в тот период знаний о строении атома, но М. Фарадей был прав, говоря, что, не зная, как устроен атом, мы можем изучать явления, в которых выражается его физическая природа. Действительно электромагнитные волны несут существенную информацию о процессах, проис-

63

ходящих внутри атомов химических элементов и молекул вещества. Они представляют информацию о далеком прошлом и настоящем Вселенной: о температуре космических тел, их химическом составе, расстоянии до них и т. д.

7. В настоящее время используется следующая шкала электромагнитных волн: радиоволны с длиной волны от  $10^4$  до  $10^3$  м; инфракрасные волны — от  $10^3$  до  $8 \cdot 10^{-7}$  м; видимый свет — от  $8 \cdot 10^{-7}$  до  $4 \cdot 10^{-7}$  м; ультрафиолетовые волны — от  $4 \cdot 10^{-7}$  до  $10^{-8}$  м; рентгеновские волны (лучи) — от  $10^{-8}$  до  $10^{-11}$  м; гамма-излучение — от  $10^{-11}$  до  $10^{-13}$  м.

8. Что касается практических аспектов изучения электрических и магнитных сил, то оно осуществлялось в XIX в. быстрыми темпами: первая телеграфная линия между городами (1844), прокладка перового трансатлантического кабеля (1866), телефон (1876), лампа накаливания (1879), радиоприемник (1895).

Минимальной порцией электромагнитной энергии является **фотон**. Это самое малое неделимое количество электромагнитного излучения.

Сенсацией начала XXI в. является создание российскими учеными из г. Троицка (Подмосковье) полимера из атомов углерода, который обладает свойствами магнита. Обычно считалось, что наличие металлов в веществе ответственно за магнитные свойства. Проверка этого полимера на металличность показала, что в нем нет присутствия металлов.

## ВЫВОДЫ

1. Физическое поле является основным понятием электромагнитной картины мира.
2. Вещество - дискретно, физическое поле - непрерывно в каждой точке своего распространения.
3. Электромагнитные силы - это силы близкого действия, поэтому гравитационные силы рассматривались в электромагнитной картине мира как силы близкого действия, действующие в гравитационном поле.
4. Установленное различие в физической природе электромагнитных и гравитационных сил стимулировало интерес ученых к осмыслению понятия физического поля как проявления некоей более универсальной физической силы, энергии.
5. Эта идея получила свое развитие в классической термодинамике.

64

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ

1. Чем отличается вещество от физического поля?
2. Каким образом можно представить гравитационное поле по аналогии с электромагнитным полем?

3. Каким образом представлена связь электрических и магнитных полей в законах Д. Максвелла?

4. Что нового внесло понятие физического поля в трактовку понятия пространства?

5. Отличие электромагнитной физической картины мира от механической картины мира.

## Глава 2.3. КЛАССИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ ЭНЕРГИИ И ВРЕМЕНИ

*Основные понятия: энергия, энтропия, негэнтропия, диссипация, классическая и современная термодинамика, физический смысл времени, обратимые и необратимые термодинамические процессы, космологические следствия второго начала классической термодинамики*

### 2.3.1. Классическая термодинамика

Энергия является основным понятием этой теории, созданной в 60-х годах XIX в.

Возникновение классической термодинамики связано с исследованием следующих проблем:

1. Поиск механического эквивалента теплоты, т. е. попытка представить теплоту как результат механического движения частиц, из которых состоят твердые тела, жидкости и газы. Эта проблема возникла еще в XVII—XVIII вв., но решение ее было найдено только в конце XIX в.

2. Изучение тепловых процессов в машинах, создаваемых промышленностью конца XVIII в. и первой половины XIX в. Речь идет уже не только о паровых машинах, но и электрических.

3. Исследование обмена веществ, теплообмена в организмах. В первой половине XIX в. возникла органическая химия, которая использовала знания неорганической химии о теплообмене при химических реакциях. Немецкий физиолог М. Рубнер (1854—1932) применил законы классической термодинамики к изучению теплообмена в микроорганизмах.

4. Проблемы наблюдательной астрономии, интересовавшейся рассеянием тепла в космосе. Ученые, которые занимались этими проблемами, не только жили в разные времена и в разных странах, но и не работали по определенной единой программе, как это делается в современной науке. Поэтому им не всегда было ясно, кто первым из них достиг значительного результата в решении проблем, о которых говорилось выше. Например, немецкий судовой врач Ю. Майер (1814—1878) был убежден в том, что он первым установил механический эквивалент теплоты, а не английский физик Дж. Джоуль (1819—1888). Далее, во многих учебниках по истории химии начала XX в. развитие атомистической концепции в химии обычно связывалось с именем английского химика Дж. Дальтона (1766—1844), тогда как за 67 лет до появления его работы по химии эта концепция уже была представлена в работах М. Ломоносова.

66

Изучение вышеуказанных проблем привело к введению в науку нового физического понятия — **термодинамической системы**. Это система живых или неживых тел, частиц или молекул, состояние которой определяется значением ее термодинамических параметров (температура, плотность и другие). Например, вода при изменении ее термодинамических параметров может перейти в состояние льда и пара.

Понятие термодинамической системы является обобщением двух идей: а) идеи о строении всего существующего из атомов (твердое тело, газ, жидкость) и б) результатов изучения так называемого броуновского движения.

Оно было открыто в 1827 г. английским учителем ботаники Р. Броуном (1773—1853). Речь идет о беспорядочном движении мельчайших частиц, взвешенных в жидкости или газе, под действием еще меньших частиц жидкости или газа. Изучение этого движения показало, что охлаждение окружающей среды этих частиц (газ, жидкость) приводило к уменьшению скорости взвешенных

частиц, увеличение температуры среды вело к увеличению интенсивности их движения.

Эти наблюдения опровергали представление о тепле как невидимой физической сущности, переходящей от одного тела к другому, и подтверждали другую точку зрения — о корпускулярном строении вещества. Эта точка зрения была высказана М. Ломоносовым в работе «Размышления о причинах теплоты и стужи» (1745), согласно которой тепло возникает в результате трения корпускул (частиц), из которых состоят все физические тела (твердые, жидкие, газообразные). Он утверждал, что эти частицы шарообразны и вращаются вокруг собственной оси. М. Ломоносову были уже известны два явления, физическая суть которых была в дальнейшем выражена другими исследователями в форме законов: закон сохранения массы, закон сохранения количества тепла при разложении и соединении в химических реакциях. Как оказалось впоследствии, идеи М. Ломоносова были известны Дж. Джоулю, у которого корпускулы (частицы) обладали еще колебательным движением.

### 2.3.2. Энергия

Термин «энергия» в буквальном переводе с древнегреческого языка означает деятельный. Считается, что в язык науки он введен англичанином Я. Юнгом (1733—1829), одним из основоположни-

67

ков волновой теории света, автором гипотезы о поперечности световых волн и формулировки принципа интерференции (1801).

Однако широкое распространение этого термина в языке науки связывают с именем другого английского физика, У. Томсона (1824—1907), больше известного под именем У. Кельвин. С присуждением в 1892 г. ему титула барона за заслуги в развитии мировой и английской науки он стал именовать себя Кельвином (название реки перед его домом). Дж. Дж. Томсон (1856—1940) — родной сын У. Кельвина — также является выдающимся физиком: дважды лауреат Нобелевской премии, открыл электрон (1897), измерил его заряд (1898), построил в 1903 г. первую модель атома.

У. Кельвин разработал абсолютную шкалу температуры, открыл ряд физических эффектов, носящих его имя, и исследовал проблему рассеяния (**диссипации**) энергии в связи с изучением вопросов устройства Вселенной на энергетическом уровне. Со времени создания Г. Галилеем, в начале XVII в., термометра было предложено несколько шкал температур. Связь между абсолютной температурой по Кельвину ( $T$ ) с температурой по шкале Цельсия (0 проводится по формуле:  $T = 273,16 + t$ ;  $t = T - 273,16$ ).

В каждой из этих шкал была нулевая точка температуры, но в шкале Кельвина эта точка имела уже энергетический смысл.

Шкала Г. Д. Фаренгейта (1686—1736). В этой шкале  $0^\circ$  — температура смеси льда, талой воды и поваренной соли,  $32^\circ\text{F}$  — это точка таяния льда,  $92^\circ\text{F}$  — температура человеческого тела. Шкала шведского астронома, врача Андреса Цельса (1701—1744) была создана в 1742 г. В ней  $0^\circ$  — температура кипения воды при нормальном давлении,  $100^\circ$  — температура таяния льда. Шведский биолог К. Линей (1707—1788) переставил эти точки в обратном порядке и получил шкалу, которую называют шкалой Цельсия (C). Принцип шкалы У. Томсона (Кельвина) разработан в 1848 г. В шкале Кельвина точке  $0^\circ$  соответствует  $273,16^\circ\text{K}$  и называется она точкой абсолютного нуля. Это  $1/273,16$  — часть температуры тройной точки воды: льда, воды и пара. Так как температура в классической термодинамике характеризует интенсивность движения частиц (элементов), составляющих термодинамическую систему, то при достижении термодинамической системой точки абсолютного нуля кинетическая энергия этих частиц  $mv^2/2$  и их потенциальная энергия ( $mgh$ ) в сумме будет равна нулю (0), где  $m$  — масса частиц (элементов),  $v$  — их скорость,  $g$  — гравитационная постоянная,  $A$  — высота в соответствующей системе отсчета.

68

Энергия в этом случае не исчезает, а как бы «замораживается», становится неспособной, как полагал У. Кельвин, к выходу из этого состояния за счет внутренних энергетических ресурсов, т. е. без воздействия внешних сил. В конце XX в. российскими учеными проводились исследования по охлаждению атома в специально созданной установке. Это охлаждение достигло точки, близкой к абсолютному нулю, но физические свойства атома, по существу, оставались как и при обычной комнатной температуре.

Работы в этой области продолжают и сегодня, результаты этих работ могли бы пролить свет на физику образования атомов в далеком прошлом Солнечной системы и Вселенной в целом.

Исторически в понятие энергии вкладывался, как правило, абсолютный смысл. В частности, говорили о физической силе, лежащей в основе всего существующего в мироздании. Например, в споре XVII в. о жизненной силе Р. Декарт утверждал, что «количество движения в мире является неизменным и постоянным». Г. Лейбниц также полагал, что «жизненная сила» как «внутренняя природа тел» не теряется при их взаимодействии. По существу, они обсуждали кинетическую энергию, т. е. энергию движущего тела, оставляя вопрос об энергетической природе самих частиц (корпускул), из которых, как они считали, состоят все тела в мире.

Представление об энергии как жизненной силе распространялось рядом исследователей не только на неживые, но и живые тела. Немецкий исследователь Ю. Майер, о котором уже говорилось выше, стал рассматривать в работах 1842—1845 гг. жизнедеятельность организмов как превращение некой универсальной силы из одного вида энергии в другой: «растения поглощают одну силу — свет и порождают другую силу — химическую разность» (из работы «Органическое движение и обмен веществ» 1845 г.). Он не пользовался термином «энергия». К началу XX в. образовалась школа, получившая название школы энергетизма, ярким представителем которой был крупный ученый-химик У. Оствальд (1853—1932). В этой школе энергия трактовалась в абсолютном смысле: все есть проявление энергии. Энергия — «царица мира», единственная физическая реальность, все в мире есть результат эволюции энергии, включая живое и атомы.

Но в этой школе не было математических, количественных представлений физической связи между так понятой энергией с веществом, физическим полем, атомом, электроном и открыты-

69

ми в XIX в. катодными лучами, а также рентгеновским и радиоактивным излучениями.

В начале XX в. А. Эйнштейн выразил эту связь в своей знаменитой формуле:  $E = mc^2$ , где  $E$  — энергия,  $m$  — масса,  $c$  — скорость света.

Физический смысл этой формулы: масса — это энергия, энергия имеет массу. Оба закона сохранения массы и сохранения энергии объединяются в один закон, закон сохранения массы — энергии.

Этот закон был сформулирован до возникновения квантовой механики, физики элементарных частиц, т. е. физики микромира в целом, и был ответом на ряд вопросов, вытекающих из идеи представления энергии в абсолютном смысле, а именно: каков физический смысл связи энергии и массы? как распространяется энергия — минимальными порциями или непрерывно? На первый вопрос отвечает формула  $E = mc^2$ . На второй — гипотеза М. Планка (1858—1947) о квантах энергии. На третий — уже физика элементарных частиц конца XX и начала XXI в.

Новизна классической термодинамики состоит в том, что она придала понятию энергии конкретный физический смысл. Энергия термодинамической системы рассматривается здесь как энергетическое состояние, которое складывается, образуется из энергии всех составляющих ее элементов.

В этой теории исследуется внутренняя энергия термодинамических систем и законы превращения и обмена энергией при физическом взаимодействии систем

Лихин А. Ф. Концепции современного естествознания : учеб. — ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. - 264 с.

такого типа. Тепло и работа в этой теории понимается как формы передачи и обмена энергией, а не самой энергией: тепло — хаотическое движение элементов термодинамической системы, работа — направленный процесс упорядочения элементов системы. Для того чтобы изменить внутреннюю энергию термодинамической системы, нужно подвести к ней тепло или совершить над ней работу с помощью внешних сил. При таком исследовании энергетических процессов все термодинамические системы делятся: на а) закрытые (изолированные) и б) открытые. Закрытые системы не обмениваются энергией с окружающей средой. Открытые системы не изолированы от окружающей среды. Например, клетка в многоклеточных организмах как термодинамическая система является, с одной стороны, изолированной системой относительно параметров поддержания ее целостного строения и, с другой — открытой, поскольку она обменивается

70

энергией с другими клетками организма. Классическая механика также имеет дело с открытыми и закрытыми системами, но в ней речь идет об энергии в форме механического движения, а не в форме тепла.

Все термодинамические системы согласно классической термодинамике могут находиться в трех состояниях: стационарном, равновесном и неравновесном.

**Стационарное состояние** означает, что параметры системы не меняются во времени. **Равновесное состояние** имеет место, когда термодинамические параметры имеют одинаковое значение для всех элементов системы. В исследовании может учитываться и один параметр. **Неравновесное состояние** означает, что значение исследуемых параметров распределено неравномерно между элементами системы. Исследуя связь между термодинамическими параметрами различных термодинамических систем, классическая термодинамика сформулировала основные законы обмена, передачи и сохранения энергии и дала им статистическое обоснование. Эту теорию называют феноменологической теорией (от слова «феномен» — явление), поскольку в ней не учитывается конкретный физический состав термодинамической системы.

### 2.3.3. Законы классической термодинамики

Классическая термодинамика сформулировала два основных закона. Принято формулировать эти законы в двух видах: как принципы, выражающие физическое содержание термодинамических систем, и как оценка технической возможности создания «вечного двигателя» первого и второго рода.

**Первый закон. Закон сохранения энергии.** Два исследователя, Ю. Майер и Дж. Джоуль, практически одновременно подошли к формулировке закона сохранения энергии для термодинамических систем. Работа Ю. Майера «Обмен веществ» была опубликована в 1845 г. Работа Дж. Джоуля «Механический эквивалент теплоты» — в 1875 г. Оба установили механический эквивалент теплоты. Но Дж. Джоулю принадлежит приоритет в создании знаменитой установки, в которой механическое движение винта под действием спускающихся вниз гирь приводило к нагреванию воды в сосуде. Здесь механическое движение под действием веса гирь вызывало интенсивное движение молекул воды, повышение ее температуры. Он же установил электрический эквивалент теплоты (прохождение электрического тока по проводнику ведет к его на-

71

греванию). Единицей теплоты является калория. Одна калория означает количество тепла, которое необходимо для нагревания 1 г. воды при нормальном давлении 760 мм рт. ст. от 14,5 до 15,5 °С. 1 ккал — это 1000 кал. Единицей энергии в форме работы является джоуль (*Дж*). Один джоуль — это работа силы в 1 Н (ньютон) по перемещению тела массой в 1 кг вдоль направления действия силы на 1 м.

В 1880 г. английский физик Роуланд уточнил значение механического эквивалента теплоты: 1 ккал — 4,19 Дж, 1 эВ (электронвольт) —  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж. Хотя

механический эквивалент теплоты стал широко известен благодаря работам Ю. Майера и Дж. Джоуля, однако еще в 20-х годах XIX в. он был уже использован французским математиком, физиком С. Карно (1796—1832) в его работе «О движущих силах огня и машинах, способных развивать эту силу» (1824).

С. Карно исследовал термодинамическую природу так называемых круговых циклов. Круговым циклом называется термодинамический цикл, в котором рабочее тело возвращается в исходное положение. В своих исследованиях С. Карно пользовался понятием идеальной тепловой машины, изолированной от окружающей ее внешней среды, т. е. действия на нее внешних сил. В этой машине основой являются **обратимые** термодинамические процессы: энергия, переходя в другой вид в прямом направлении, переходит из возникшего вида энергии в обратном направлении, последовательно повторяя все промежуточные состояния в прямом процессе. Это позволило ему сделать вывод, что в идеальной машине энергия сохраняется, не исчезает, переходя из одного вида в другой.

**Закон сохранения энергии формулируется следующим образом:** поступающая в термодинамическую систему энергия в форме тепла должна быть равна сумме приращений внутренней энергии системы и работы, совершаемой системой против действия внешних сил. Этот закон раскрывает функциональный смысл понятия энергии термодинамической системы.

**В другой формулировке:** невозможно сделать двигатель первого рода, который бы совершал работу без подвода к нему энергии извне или совершал бы работу в большем количестве, чем то количество энергии, которое было к нему подведено извне.

В более широком смысле этот закон сформулирован немецким физиком Р. Эммануэлем (1822—1888), известным больше по ла-

72

тинскому варианту своей фамилии как Р. Клаузиус. Энергия мира постоянна, т. е. энергия мира не исчезает и не создается, а существует в постоянном количестве, переходя из одной формы в другую.

**Второй закон был сформулирован Клаузиусом:**

«Теплота не может самопроизвольно переходить от менее нагретого тела к более нагретому телу». В формулировке У. Кельвина: **невозможно создать периодически действующую машину, единственным результатом которой было бы поднятие груза за счет охлаждения теплового резервуара.**

«Вечный двигатель» первого рода — это периодически действующая машина, имеющая неиссякаемую внутреннюю энергию, которую можно использовать в виде механического движения рабочего тела (механизма) во внешней среде.

Первый закон классической термодинамики запрещает возможность подобного «вечного двигателя», поскольку в этом случае существовал бы изолированный от внешней среды вечный источник производства энергии, передающий энергию в форме механического движения в окружающую среду. Эта машина имела бы конечные размеры и бесконечный источник внутренней энергии. Формула А. Эйнштейна  $E = mc^2$ , если в эту формулу подставить значение  $m = 1$  кг и  $c = 300$  тыс. км/с, утверждает, что в килограмме массы любого вещества содержится огромная энергия, которой бы хватило для горения электрической лампочки в течение 30 миллионов земных лет (приблизительно 9-Ю<sup>16</sup> Дж). Но формула  $E = mc^2$  говорит, что количество энергии в массе вещества ограничено величиной скорости света и количеством массы вещества. «Вечный двигатель» второго рода не противоречит первому закону классической термодинамики: холодное состояние — это также энергетическое состояние. «Вечный двигатель» второго рода великая мечта инженеров. Это машина, которая бы, например, охлаждая на мизерную величину температуру Мирового океана, производила бы механическую энергию для выработки электричества. Подобная машина противоречит второму закону классической термодинамики: невозможно самопроизвольное, прямое преобразование хаотического теплового движения частиц (молекул) во внешнее механическое движение машины.



### 2.3.4. Энтропия

Для уточнения физического содержания второго закона термодинамики Клаузиус ввел понятие энтропии. Энтропия означает

73

в переводе с латинского языка поворот, превращение. **Энтропия выражала у Клаузиуса меру неупорядоченности изолированной термодинамической системы, т. е. переход подобной системы со временем к состоянию хаотического движения составляющих ее элементов.**

**Энтропия** обозначается символом  $S$ , а ее изменение —  $\Delta S$ . В дальнейшем это понятие уточнялось на основе новых термодинамических моделей, отличающихся от моделей термодинамической системы в классической термодинамике. В частности, во второй половине XX в. стали рассматривать прирост энтропии за единицу времени в единице объема в открытых термодинамических системах как функцию диссипации (рассеяния) энергии.

**Диссипативными** системами называют термодинамические системы, в которых функция диссипации (прирост энтропии) не равна нулю. В начале второго десятилетия XX в. стали пользоваться еще одним понятием, выражающим устойчивое поддержание упорядоченности термодинамической системы во времени. Это понятие называется **негэнтропией**. Введение этого понятия было связано с применением закона классической термодинамики к живым организмам. В результате было обнаружено существование в природе двух физических процессов: **энтропийного и негэнтропийного**.

Энтропийный означает, что любая термодинамическая система, изолированная от внешней среды, переходит со временем от упорядоченного, структурного энергетического состояния к неупорядоченному, хаотическому движению составных ее элементов. Негэнтропийный означает, что организм стремится избежать перехода к состоянию хаоса и беспорядка. По второму закону классической термодинамики живой организм представляет единство положительной и отрицательной энтропии. **Жизнь**, как писал один из основателей квантовой механики Э. Шредингер, — это упорядоченное и закономерное поведение материи, основанное не только на одной тенденции переходить от упорядоченности к неупорядоченности, но и частично на существовании упорядоченности, которая поддерживается во времени. Это определение Э. Шредингера появилось уже в сороковых годах XX в. в его книге «Что такое жизнь? (физический аспект клетки)» и было определенным обобщением дискуссий по поводу второго закона классической термодинамики Клаузиуса.

Обобщая свои исследования по термодинамическим системам, Клаузиус высказал следующие положения: энергия мира постоянна; энтропия мира стремится к максимуму.

74

Обобщение этих положений выразилось в знаменитой формуле: **«Энергия — царица мира, энтропия — ее тень»**.

### 2.3.5. Основные следствия термодинамики XIX в.

Основные положения термодинамики Клаузиуса были теоретически обоснованы. Дж. Максвелл доказал с учетом кинетической энергии молекул идеального газа, что из равновесного состояния идеального газа невозможен выход в упорядоченную систему за счет энергии равновесного состояния. Это мог бы сделать, как полагал Максвелл, демон, который бы сортировал молекулы газа относительно величины их скорости. С большей скоростью — в одну часть сосуда, а с меньшей — в другую.

Австрийский физик, основатель статической физики Л. Больцман (1864—1906) сформулировал закон, аналогичный доказательству Максвелла для идеального газа, но уже с учетом потенциальной энергии молекул газа.

Закон Л. Больцмана утверждал, что в равновесном состоянии идеального газа

происходит выравнивание значений величин плотности, температуры, скоростей молекул, их энергии за счет возникновения внутренних термодинамических процессов переноса энергии (теплопроводность, диффузия и внутреннее трение). Л. Больцману принадлежит вероятностная трактовка понятия энтропии: любая термодинамическая система является реализацией наиболее вероятной группировки составляющих ее элементов. Система может быть составлена различным образом из своих элементов, но реализуется составление с максимальной вероятностью.

В 1878 г. он предложил формулу для вычисления энтропии термодинамической системы:  $S = k (\ln W)$ , где  $W$  — термодинамическая вероятность (вероятность осуществления термодинамической системы из всех возможных состояний ее элементов),  $k$  — постоянная Больцмана ( $k = R/N_A$ , где  $R$  — газовая постоянная, равная 8,314 Дж/моль • градус;  $N_A$  — число Авогадро, равное  $6,024 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>),  $\ln$  — десятичный логарифм. Моль — это количество вещества, содержащего столько же структурных единиц (атомы, молекулы, электроны и т. п.), сколько содержится в 0,0012 кг изотопа углерода C<sup>12</sup>.

В формуле энтропии Л. Больцмана утверждается, что в любой замкнутой термодинамической системе наиболее вероятным из всех возможных составлений этой системы из ее элементов явля-

75

ется состояние с максимальной энтропией и что для уменьшения изменения энтропии в сторону ее роста необходима концентрация энергии, препятствующая этому росту.

Выводы классической термодинамики удивили ученых своим противоречием законам классической механики. Согласно классической механике в замкнутой механической системе все механические движения обратимы и движение является вечным. В то же время в изолированной, замкнутой термодинамической системе термодинамические процессы необратимы, поскольку растет энтропия системы. Иначе говоря, система переходит в состояние, из которого она произвольно выйти, без внешнего вмешательства, не может.

### 2.3.6. «Тепловая смерть» Вселенной

Немецкий астроном Г. Ольберс (1758—1840) сформулировал загадочный вопрос: почему звездное небо выглядит темным при бесконечно огромном скоплении звезд на небе? На современном уровне этот вопрос формулируется таким образом: какова природа несветящейся материи, темноты, окружающей звезды, галактики, и каков предел ее распространения?

У. Кельвин высказал предположение, что правильный ответ на этот вопрос зависит от того, является ли Вселенная бесконечной или конечной в пространстве. Второй закон термодинамики устанавливает направление изменения от упорядоченной системы к системе менее упорядоченной. Поэтому У. Кельвин высказал мысль, что со временем Земля не будет пригодной для жизни. Энтропия, ее рост, является как бы стрелой времени. В обобщенном виде, согласно Кельвину, Вселенная погибнет или горячей смертью, если ее радиус в пространстве конечен (тепло всех звезд нагреет все космическое пространство), или холодной смертью, если энергия Вселенной будет рассеяна по ее безграничному пространству. Обсуждение этого вопроса общественностью конца XIX в. сделало известной точку зрения римского папы (Пий XII): физика доказывает конец тленного мира, предсказанного Библией.

В свою очередь Л. Больцман высказал идею флуктуационной гипотезы Вселенной. Термин «флуктуация» при переводе с латинского означает колебание, отклонение от средней величины. Л. Больцман полагал, что приблизительно каждые 70 млн земных лет во Вселенной происходят самопроизвольно возникающие термодинамические процессы, которые препятствуют росту энтро-

76

пии в отдельных местах Вселенной, поэтому ей не угрожает ни холодная, ни

горячая смерть.

Немецкий физик Вальтер Нернст (1864—1941) сформулировал в 1906 г. теорему, которая получила название третьего закона термодинамики.

**При стремлении температуры к абсолютному нулю все изменения состояния термодинамической системы не изменяют ее энтропию.** Другая формулировка: при помощи конечной последовательности термодинамических процессов нельзя достичь температуры, равной абсолютному нулю.

Теорема Нернста интересна своим космологическим следствием: существует ли во Вселенной механизм, который препятствует переходу энергии на такой структурный уровень, который делает невозможной энергетическую эволюцию Вселенной. Эта проблема является актуальной и в настоящее время для современных моделей эволюции Вселенной. С учетом теоремы Нернста об энтропии сегодня говорят как о критерии различения открытых и закрытых термодинамических систем, а также как о критерии различения обратимых и необратимых термодинамических процессов. Как уже отмечалось выше, в любой замкнутой механической системе все физические процессы обратимы: «маятник Фуко», однажды запущенный, должен качаться вечно. В замкнутой термодинамической системе дело обстоит иначе: рост энтропии приводит в ней к необратимым процессам. Замкнутые системы не являются, грубо говоря, идеализированными объектами. Например, чтобы выйти в космос, необходимо изолировать космонавта от воздействий на него космического пространства.

**Открытые системы** обмениваются энергией, веществом и информацией с окружающей средой. В открытых системах незначительное поступление энергии извне может увеличиваться за счет внутренней энергии системы, что невозможно в закрытых, изолированных системах, как это требует второй закон термодинамики. Применение законов классической термодинамики к живой природе показало, что эти термодинамические системы имеют специфический механизм собственного воспроизводства, развития во времени. Например, у человека имеется иммунная система весом приблизительно в 1,5 кг, которая является системой защиты организма от неблагоприятных воздействий окружающей среды. В 1884 г. французский физик, химик, металлург Анри Луи Шаталье сформулировал закон или принцип: **воздействие, выводящее**

77

**систему из термодинамического равновесия, вызывает в ней процессы, стремящиеся ослабить результаты этого воздействия.** Этот закон называют принципом Шаталье. Данный принцип используется при исследовании живых систем.

## ВЫВОДЫ

1. В этой теории делается попытка придать физический смысл понятию времени на основе понятия энтропии.

2. Данная теория основывается на принципе классического детерминизма. В ней вероятностная форма предсказания поведения элементов термодинамической системы объясняется большим их числом, а не свойственным им физическим качеством.

3. Эта теория является феноменологической, в ней не учитывается строение элементов термодинамических систем.

4. Данная теория сыграла значительную роль в изучении процессов энергообмена в живых системах.

5. Космологические следствия этой теории убеждали ученых в необходимости изучения атомов, из которых состоит вещество.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ

1. Термодинамические системы и их отличие от механических систем.
2. Законы классической термодинамики.
3. Энтропия и неэнтропия.
4. Концепция холодной и горячей смерти Вселенной.
5. Принцип Анри Луи Шаталье.

## Раздел 3. КОНЦЕПЦИИ НЕКЛАССИЧЕСКОЙ НАУКИ

### Глава 3.1. ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

*Основные понятия: время и пространство, масса и энергия, релятивистская механика, неевклидова геометрия, неклассическая наука*

#### 3.1.1. Альберт Эйнштейн

Альберт Эйнштейн — физик-теоретик и крупный общественный деятель. О нем часто говорят, как об ученом, «обвенчанном» с Вселенной, пытавшемся разгадать информацию «тайных посланцев» Вселенной. К «тайным посланцам» Вселенной относятся так называемые мировые константы, значения которых определяет физическое состояние мира, в котором мы живем. К этим константам относятся: постоянная Планка (квант-энергии), скорость света, заряд электрона, масса протона, гравитационная постоянная и некоторые другие. А. Эйнштейн признан выдающимся ученым XX столетия. Он родился в Швейцарии, в небогатой еврейской семье, которая жила вначале в Швейцарии, затем в Германии. В 1933 г. (в Германии пришли к власти нацисты) А. Эйнштейн эмигрировал в США, где и прожил до конца своей жизни. В 1921 г. ему была присуждена Нобелевская премия за работы в области теоретической физики и объяснение физической природы фотоэлектрического эффекта. С 1926 г. он был почетным членом Академии наук СССР.

А. Эйнштейн принадлежал к числу выдающихся личностей, которые интересны не только своими результатами, но и тем, как они мыслили и над какими проблемами работали. Проблемы, которые он исследовал, интересовали многих ученых, например французского математика А. Пуанкаре (1854—1912) и австрийского физика Э. Маха (1833—1916). Научному сообществу А. Эйнштейн стал известен своими первыми опубликованными тремя работами. В первой речь шла о развитии статистических методов при изучении движения броуновских частиц, во второй — о необходимости введения понятия системы отсчета для уточнения содержания понятий времени и пространства, в третьей — об анализе гипотезы М. Планка о квантах энергии, т. е. испускании и поглощении энергии порциями, квантами. Анализируя эту гипотезу,

79

А. Эйнштейн пришел к выводу о необходимости радикального изменения существовавших в то время представлений об энергии и формах ее превращения. Следствием этого анализа явилось утверждение А. Эйнштейна о том, что свет испускается и поглощается как некая локализованная частица, которая перемещается от одной точки к другой как единое целое. Сходную идею высказывал еще И. Ньютон в своей корпускулярной теории света. Многие ученые придерживались концепции света как колебание эфира, заполняющего все космическое пространство. Всемирную известность Эйнштейну принесла его теория относительности. Однажды великий Чарльз Чаплин сказал Эйнштейну: «Мне аплодируют, потому что все понимают, что я играю. Вам — за то, что Вас не понимают».

В теории относительности выделяют специальную теорию относительности (СТО) и общую теорию относительности (ОТО). СТО была создана в 1905 г. Над созданием ОТО Эйнштейн работал более десяти лет с 1905 по 1916 г. К двадцатым годам прошлого века он был общепризнанным лидером в теоретической физике. С появлением в 1926 г. квантовой механики Эйнштейн вступил в острую дискуссию по проблеме получения объективной информации об объектах микромира. А. Эйнштейну не удалось доказать неполноту и противоречивость квантовой механики, но его физические идеи оказали большое влияние на развитие этой теории. Например, теория лазеров (термин «лазер» образован из первых букв английского названия «усиление света в результате

вынужденного излучения») основывается на принципах индуцированного фотонного излучения, сформулированных в виде гипотезы А. Эйнштейном в 1915 г. В расцвете своих творческих сил А. Эйнштейн добровольно отказался от роли лидера в области теоретической физики. Вторая половина его научного творчества была связана с созданием теории, раскрывающей единство физической природы всех сил физического взаимодействия в природе (гравитация, электромагнитные, сильные и слабые). Эта теория получила название теории единого физического поля. По существу, теория относительности была необходимым этапом развития теории единого физического поля, над которой он работал в последние годы своей жизни.

### 3.1.2. Опыт Морли - Майкельсона

Когда А. Эйнштейну было всего два года, американский исследователь А. Майкельсон (офицер ВМФ США, затем профессор

80

прикладных наук) провел эксперимент, идея которого была предложена в 1875 г. Д. К. Максвеллом. Идея этого эксперимента состояла в измерении абсолютной скорости Земли относительно эфира. Если эфир существует, как полагали некоторые ученые, то Земля в своем движении в эфире, должна ощущать пусть хоть и мало, но все же заметное на себе его влияние. Для этого нужно было сделать установку, которая бы посылала луч света по направлению движения Земли на орбите вокруг Солнца, затем луч света отражался бы от установленного зеркала на конце его пути в установке и бежал бы против направления движения Земли по орбите вокруг Солнца. А. Майкельсон и химик Э. Морли внесли совместно конструктивные изменения в этот эксперимент, поэтому эксперимент стали называть экспериментом Морли - Майкельсона. Результат эксперимента оказался необычным. Средняя скорость движения Земли на орбите приблизительно 30 км/с, скорость света — 300 тыс. км/с. Длина плеча установки, вдоль которой двигался свет, постоянна. Исследователи полагали, что время  $T_1 = l/c + v$ , где  $l$  — длина плеча установки,  $c$  — скорость света,  $v$  — средняя скорость Земли на орбите, не должно быть равно времени  $T_2 = l/c - v$ . В обычных условиях, например, лодка с одной и той же скоростью движения проходит одно и то же расстояние против и по течению реки за разное время:  $T_1 = l/v_1 + v_2$  не равно  $T_2 = l/v_1 - v_2$ , где  $v_1$  — скорость течения реки,  $v_2$  — скорость лодки. Результат эксперимента вызвал оживленную дискуссию, поскольку из него следовало: а) или скорость света не зависит от движения его источника; б) или эфира действительно нет; в) или Земля покоится в пространстве, т. е. является абсолютной системой отсчета в мире, во что уже в то время было трудно поверить.

### 3.1.3. Преобразования Лоренца

В 1892 г. два физика независимо друг от друга (ирландский физик Фитцджеральд и голландский физик Лоренц) предложили математическое решение, которое сохраняло идею существования эфира и примеряло результаты эксперимента Морли - Майкельсона с принятыми в классической механике преобразованиями координат Галилея.

Голландский физик Х. А. Лоренц (1853—1928), лауреат Нобелевской премии (1902), создатель классической электронной теории, предложил математическое разрешение казуса эксперимента Морли — Майкельсона, которое получило название преобразова-

81

ние Лоренца. Это преобразование координат движущего или покоящегося материального тела отличается от преобразований Галилея следующим образом.

1. Согласно преобразованию Х. Лоренца длина движущегося тела в направлении его движения сокращается или остается постоянной в зависимости от скорости движения тела по формуле  $l = \sqrt{1-v/c^2}$ , где  $l$  — длина тела,  $v$  —

скорость движения тела,  $c$  — скорость света. В зависимости от разницы величины скорости движения тела от величины скорости света эта формула показывает заметное или незаметное сокращение длины тела. Например, ракета длиной в 50 м при скорости 100 км/с сокращает свою длину по направлению своего движения всего лишь на 0,003 мм. Из предложенного Лоренцем коэффициента сокращения длины следовало, что в установке Морли - Майкельсона длина плеча, движущегося вдоль своей длины, должна была сокращаться. Этим он объяснял тот факт, что Морли и Майкельсон не заметили разницы во времени движения света в противоположных направлениях.

2. Х. Лоренц предложил преобразовать и временную координату. Согласно его преобразованию время (метрические свойства) замедляется при движении тела со скоростью света. В основе этого преобразования лежит различие ритма времени, оцениваемого в разных системах отсчета. Например, время жизни мюона (нестабильная самопроизвольно распадающаяся частица), вычисленное из системы отсчета, связанной с этой частицей, равно приблизительно  $\tau_0 = 2,2 \cdot 10^{-6}$  с, где  $\tau_0$  — время жизни из системы отсчета, связанной с частицей. За это время, двигаясь со скоростью, близкой к скорости света ( $c$ ), мюон должен пройти расстояние приблизительно 600 м. Мюоны рождаются в верхних слоях атмосферы Земли, измеряемых километрами, и проходят расстояние, определяемое по формуле:  $S = \tau_0 \cdot c$  ( $S$  — расстояние,  $c$  — скорость света). Это небольшое расстояние, но приборы фиксируют мюоны достаточно близко от поверхности Земли. Это происходит оттого, что наряду с собственным временем жизни ( $\tau_0$ ), мюон имеет, согласно преобразованиям Лоренца, время жизни ( $\tau$ ), измеренное из системы отсчета, связанной с Землей по формуле:  $\tau = \tau_0 / \sqrt{1 - (v^2/c^2)}$ . Из этой формулы следует, что собственное время жизни мюона ( $\tau_0$ ) в десять раз меньше его времени существования, зафиксированного в системе отсчета, связанной с Землей. Это позволяет мюонам проходить расстояние существенно больше, чем 600 м.

82

Как и в случае с эффектом сокращения масштаба длины движущегося тела, преобразования Лоренца указывали на замедление хода часов, сокращение временных масштабов в зависимости от приближения скорости движущегося тела к величине скорости света: чем ближе к скорости света, тем ощутимее процесс замедления масштаба времени. Например, в ракете со скоростью 100 км/с часы будут идти медленнее всего лишь на 0,00002 с в сравнении с часами, установленными на Земле и синхронизированными с первыми в момент старта ракеты.

Преобразования Х. Лоренца — значительный вклад в развитие естествознания. К ним Х. Лоренц пришел в результате изучения ряда важных физических проблем, в частности проблемы измерения скорости света в различных системах отсчета. Из преобразований Х. Лоренца чисто логически выводятся важные эффекты специальной теории относительности: парадокс близнецов, сокращение масштаба длины, постоянство скорости света.

Принципиальная новизна СТО состоит в том, что эта теория позволила найти новые физические решения ряда проблем классической науки, а именно связь вещества, массы, физического поля с энергией, пространством и временем.

В XVII—XVIII вв. ученые спорили о причинах инерции вращения в движении Земли. Некоторые считали, что явление инерции и вращения в движении Земли совершенно не зависят от того, является ли космическое пространство или нет заполненным веществом. Другие, напротив, утверждали, что явления инерции и вращения Земли возможны лишь при наличии в пространстве звезд и других структур, создающих гравитационные поля. Так, космонавт, если рассматривать его как единственное тело в пустом пространстве, без гравитационных полей, не сможет придать ускорение брошенному им предмету, поскольку инертная масса космонавта настолько мала в таком пустом пространстве, что ею можно пренебречь. Следовательно, космическое пространство, заполненное звездами и

другими объектами, является необходимой средой движения тел во Вселенной. Точка зрения, утверждавшая значение гравитационных полей в образовании структур Вселенной, была названа А. Эйнштейном «принципом Маха» в честь австрийского физика Э. Маха (1839—1916). Обдумывание Эйнштейном результатов опыта Морли — Майкельсона и принципа Маха навело его на мысль о том, что понятие эфира не имеет физического

83

смысла и что физика должна строиться на более надежных основаниях.

### 3.1.4. Специальная теория относительности (СТО)

В основе СТО лежат два принципа или постулата, которые не объясняют, почему должно происходить именно таким образом, а не иначе. Однако построенная на их принятии теория позволяет точно описывать события, происходящие в мире.

1. Все физические законы должны выглядеть одинаковыми во всех инерциальных системах отсчета.

2. Скорость света в вакууме не изменяется при изменении состояния движения источника света.

#### Следствия, вытекающие из первого принципа:

1. Не только законы механического движения, как было в классической механике, но и законы других физических явлений должны выглядеть или проявлять себя одинаково во всех инерциальных системах отсчета.

2. Все инерциальные системы отсчета равноправны. Следовательно, нет привилегированной системы отсчета, будь то Земля или эфир.

3. Понятие эфира как абсолютной системы отсчета лишено физического смысла.

#### Следствия, вытекающие из второго принципа:

1. Не существует бесконечно большой скорости распространения физического взаимодействия в мире.

2. В физическом мире взаимодействие не осуществляется мгновенно со скоростью, превышающей скорость света.

#### Следствия, вытекающие совместно из двух принципов СТО:

1. В мире нет одновременных событий.

2. Нельзя рассматривать пространство и время как независимые друг от друга свойства физического мира.

3. Преобразования Лоренца имеют физический смысл. Доказательство связи пространства и времени можно пояснить

на следующем примере, в котором следует иметь в виду, что согласно СТО во всех инерциальных системах отсчета свет распространяется с одной и той же скоростью. Предположим, что имеются две инерциальные системы отсчета, которые равноправны в описании физических событий, т. е. каждая дает объективные описания: человек, стоящий на железнодорожной платформе (смотритель), и пассажир движущегося с одинаковой скоростью поезда от-

84

носителем платформы и стационарного смотрителя. Над головой пассажира находится осветительная электрическая лампочка, которая вспыхивает в момент, когда пассажир, сидящий у окна вагона, и смотритель, стоящий на платформе, окажутся точно друг против друга по ходу движения поезда. Классическая механика дает следующее описание этого события.

Время имеет абсолютный смысл, поэтому оно не зависит от пространственного перемещения событий. Смотритель стоит, пассажир движется, но ритм времени для них один и тот же. СТО дает другое решение:

1. Для пассажира в вагоне свет достигнет обеих стенок вагона одновременно, поскольку во всех инерциальных системах отсчета свет распространяется по всем направлениям с одинаковой скоростью.

2. У смотрителя будет другая точка зрения. Он скажет, что заднюю стенку (она

движется к свету по ходу поезда) свет достигнет раньше, чем переднюю стенку вагона, поскольку он ее догоняет по ходу поезда.

Далее, если заранее установить одно и то же время на часах смотрителя и пассажира поезда, то для станционного смотрителя часы у задней стенки вагона будут показывать время, отличное от времени на циферблате часов у передней стенки. Они будут показывать, что свет достигает заднюю стенку раньше, чем переднюю стенку. Следовательно, одни часы идут быстрее, другие — медленнее. Таким образом, пространство и время, по СТО, взаимосвязаны между собою и являются не абсолютными, как было у Галилея — Ньютона, а относительными: скорость хода часов зависит от места их положения в пространстве, место положения в пространстве влияет на скорость хода часов.

Недостатки СТО:

1. В ней речь идет только об инерциальных системах отсчета. Но большинство систем отсчета являются в реальной жизни неинерциальными (изменяется ускорение и скорость со временем).

2. В ней не учитывается действие силы гравитации на свет. Поиск устранения этих изъянов СТО привел к созданию ОТО.

### 3.1.5. Релятивистская механика

Принципы СТО А. Эйнштейн применил к результатам исследования законов механического движения, теплового излучения и движения электромагнитных волн. Это привело к созданию ре-

85

лятивистской механики, в которой масса и энергия стали рассматриваться как проявления одной и той же физической сущности, реальности. В этой механике классическое представление о массе тела как неизменяющейся абсолютной величине было заменено понятием относительным: в покое масса тела — одна, а в движение тела — его масса другая. Например, нагревание 1 т воды от 0 до 100 °С увеличивает ее вес приблизительно на 0,005 мг, поскольку увеличивается скорость движения молекул воды.

В релятивистской и в классической механиках в замкнутой физической системе сохраняются импульс ( $p = mv$ , где  $p$  — импульс,  $v$  — скорость) и энергия, но соотношения здесь другие:  $p = m_0v/\sqrt{1-(v^2/c^2)}$  и  $E = m_0c^2/\sqrt{1-v^2/c^2}$ , где  $m_0$  — масса покоя тела,  $p$  — импульс,  $c$  — скорость света,  $v$  — скорость движения тела.

### 3.1.6. Математическая теория пространства

В поисках преодоления недостатков СТО А. Эйнштейн обратился к результатам исследования пространства математиками. Первой математической теорией пространства является евклидова геометрия. До начала XIX в. она имела авторитет абсолютной истины математических знаний о пространстве. К этой системе знаний, как полагал немецкий философ И. Кант, нельзя ничего добавить, как в равной степени, чего-то отнять. Со времени возникновения этой геометрии было много попыток ее опровергнуть. Математиков интересовал в этой геометрии знаменитый пятый постулат: «Через точку, лежащую вне прямой, можно провести только одну прямую, параллельную первой». Было предпринято множество атак против этого постулата, и все они вплоть до первых десятилетий XIX в. были безуспешными.

Главная причина этих неудач заключается в том, что все опровержения пятого постулата исходили из геометрий, которые строились также на аксиомах, постулатах и определениях, как и геометрия Евклида. Лишь в самом конце XVIII в. и начале XIX в. была построена новая геометрия на основе понятия «бесконечно малого масштаба измерения» в качестве образца, эталона измерения в геометрии. Эта геометрия была названа неевклидовой геометрией. Ее разработали следующие математики.

1. К. Гаусс (1777—1855)— великий немецкий математик. Еще в конце XVIII в. он провел исследования по созданию новой геометрии, которую он назвал



неевклидовой, но не посмел опублико-

86

вать полученные результаты, поскольку авторитет геометрии Евклида считался большинством ученых того времени непоколебимым.

2. Н. Лобачевский (1792—1856) создал в 1826 г. новую геометрию и назвал ее воображаемой. В 1840 г. его работа под названием «Геометрические исследования по теории параллельных линий» была опубликована при большом содействии со стороны К. Гаусса в Германии. Н. Лобачевский был ректором Казанского университета, свои геометрические исследования он обобщил в труде «Пангеометрия» (1856).

3. Я. Больяй (1802—1860) — сын известного венгерского математика Ф. Больяй. Отец Я. Больяй умолял его не заниматься пятым постулатом, поскольку считал это занятие пустой тратой сил. В 1832 г. Ф. Больяй опубликовал в созданном им руководстве по математике в качестве приложения работу своего сына под названием «Приложение, содержащее науку о пространстве, абсолютно истинную, не зависящую от истинности и ложности XI аксиомы Евклида». Я. Больяй пытался опубликовать свою работу в Германии, послав ее К. Гауссу. Однако он не получил никакого ответа на свою работу. В результате у него сложилось впечатление, что никакого Н. Лобачевского вообще нет, идеи которого были схожи с идеями Я. Больяй, и вообще его идеи новой геометрии были украдены.

4. Б. Риман (1826—1866) — немецкий математик, последователь К. Гаусса. В 1854 г. в докладе под названием «О гипотезах, лежащих в основе геометрии» он изложил свои идеи о создании  $n$ -мерной геометрии. Идея К. Гаусса о неевклидовой геометрии пространства с двумя измерениями была обобщена на пространство с неограниченным числом измерений (3 — ширина, длина, высота, 4 — здесь уже число измерений приобретает исключительно математический смысл). Работы по неевклидовой геометрии не вызвали должного оживленного интереса у физиков и астрономов. И лишь в 1912—1915 гг. А. Эйнштейн, работая на общей теории относительности, обратился, по совету своего друга Гроссмана, к работам по неевклидовой геометрии. В результате изучения этих работ он обнаружил математический аппарат и идеи новой геометрии, которые были созвучны с духом его исследований в области общей теории относительности.

**Кратко о сути неевклидовой геометрии.** Выше уже говорилось, что геометрия Евклида строилась на определениях, аксиомах и по-

87

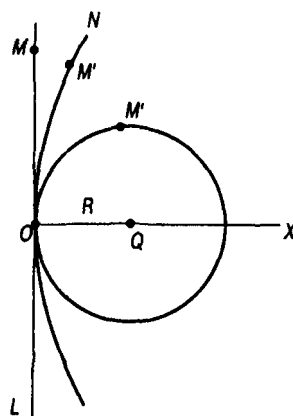
стулатах. В этой геометрии нет масштаба измерения как средства, позволяющего переходить от одной точки пространства (плоскости) к другой. Пятый постулат Евклида утверждает, что в пространстве, соответствующем определениям, аксиомам и постулатам Евклида, сумма углов треугольника всегда равна  $180^\circ$  и это означает, что в подобном пространстве его структура (отношение между длиной, высотой, шириной, точками, линиями, углами и плоскостями) является постоянной. Например, если на плоском листе зафиксировать расстояние между любыми произвольными точками А и В, то при сворачивании этого листа в фигуру цилиндра расстояние между точками А и В также не изменится. Однако если этот лист растянуть или сжать, то расстояние между точками А и В будет меняться.

Гаусс поставил перед собой задачу: могут ли существа, живущие на поверхности шара, т. е. на сфере, имеющие только два измерения, не обращаясь к третьему измерению, установить геометрию пространства, в котором они живут? Сфера представляет поверхность, на которой постулат Евклида сталкивается с затруднением? На сфере кратчайшим расстоянием между двумя произвольными ее точками будет не прямая, а геодезическая линия. Сумма углов треугольника, образованного геодезическими линиями, будет всегда больше  $180^\circ$ . И все меридианы будут пересекаться в двух точках сферы, ее полюсах, а каждой геодезической параллели, широте, будет параллельна не одна линия, как утверждает пятый постулат Евклида, а множество геодезических параллелей.

Для того чтобы построить свою геометрию, этим существам, как рассуждал К. Гаусс, надо вместо постулата Евклида ввести некоторый эталон масштаба измерения, который бы позволил определять изменения расстояния между точками на сфере. Поверхность сферы невозможно представить в форме плоскости без разрезания ее на мельчайшие кусочки и затем склеивания их на плоской поверхности. Объясняется это тем, что сфера, как двумерная поверхность, имеет такую геометрическую структуру между своими составными частями, которая меняется в зависимости от направления и места на ней. Это свойство, изменение структуры, получило название кривизны пространства. Кривизной называется величина, обратная величине радиуса окружности, касательной в точке, где измеряется кривизна линии, плоскости ( $1/R$ , где  $R$  — радиус окружности) (рис. 2).

88

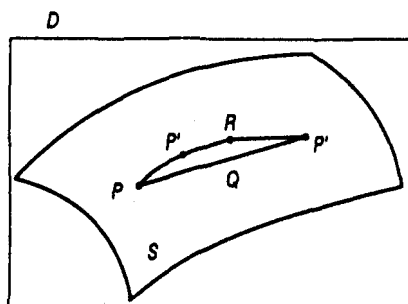
Рис. 2



Точка  $M'$  приближается к точке  $M$  прямой  $L$  при увеличении радиуса  $R$  и отдалится от прямой  $L$  при уменьшении радиуса  $R$  окружности, касательной в точке  $O$  прямой  $L$ . Величина  $1/\Delta$  — кривизна прямой  $OM$  в точке  $O$

Согласно К. Гауссу, существа на поверхности шара (сфере), не прибегая к третьему измерению, построили бы свою геометрию, опираясь на понятие «бесконечно малого масштаба измерения» (рис. 3).

Рис. 3



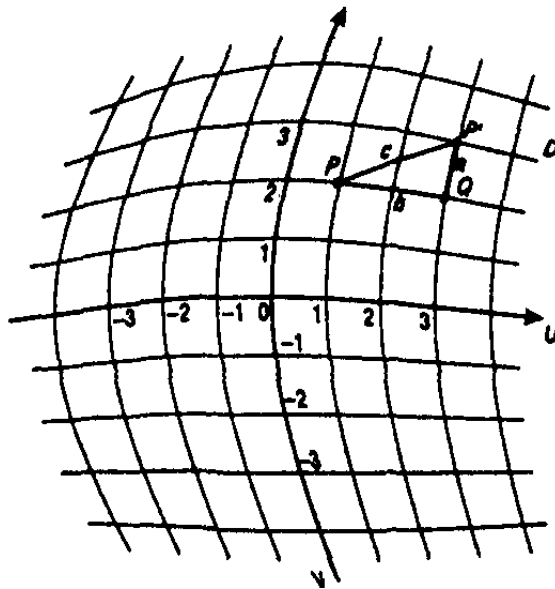
Линия  $R$  лежит на поверхности сферы (ее участка  $S$ ), линия  $Q$  находится на плоскости под участком поверхности сферы —  $S$ . Отрезок  $PP'$  (на линии  $R$ ) — расстояние между точками  $P$  и  $P'$  на поверхности сферы. При бесконечном сближении точки  $P$  и  $P'$  на линии  $R$  получится отрезок  $PP'$  на поверхности сферы, которому будет соответствовать отрезок  $PP'$  на линии  $Q$  как кратчайшее расстояние между точками на плоскости

Понятие «бесконечно малого масштаба измерения», являясь высокого уровня абстракцией, позволяет рассматривать не только свойства пространства, удовлетворяющие постулату Евклида, но

89

и выйти на исследования геометрий неевклидоваго типа. Для этой цели К. Гаусс ввел понятие нежестких координат в отличие от жестких координат Р. Декарта (рис. 4).

#### Рис. 4. Система координат Гаусса для искривленной поверхности



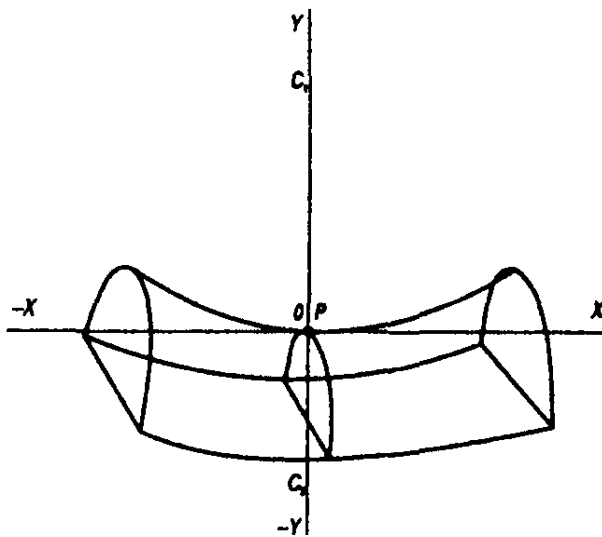
В этой системе координат масштаб измерения по каждой из ее составляющих ( $V, U$ ) меняется в соответствии с их кривизной, а расстояние между точками  $P$  и  $P'$  на поверхности сферы определяется уже на основе модификации теоремы Пифагора:  $(ds)^2 = E(du)^2 + 2F du dv + G(dv)^2$ , где  $ds$  — бесконечно малое расстояние между точками  $P$  и  $P'$ ,  $E$  — коэффициент кривизны катета  $a$ ,  $G$  — коэффициент кривизны катета  $b$ ,  $F$  — коэффициент кривизны линии, соединяющей точки  $P$  и  $P'$ . В системе прямоугольных координат Декарта имеет место формула:  $(PP')^2 = a^2 + b^2$

Наряду с модификацией теоремы Пифагора К. Гауссом была доказана так называемая «великолепная теорема»:  $K = 1/R_1 \cdot 1/R_2$ , где  $K$  — коэффициент кривизны,  $R_2$  — малый радиус окружности, касательной в точке определения кривизны пространства,  $R_1$  — большой радиус аналогичной окружности. Идея этой теоремы заключается в следующем. Для определения кривизны, например, поверхности в определенной точке из этой точки восстанавливают перпендикуляр к данной поверхности. Эта линия называется нормальной вертикалью. Затем через данную нормальную вертикаль проводят множество плоскостей, которые пересекают данную поверхность самым различным образом. В каждой из этих плоскостей можно построить окружность с радиусом, равным одному из отрезков на указанной выше вертикали. Эти окружности касаются поверхности в точке, где определяется ее кривизна. Среди этих окружностей всегда имеются две окружности. Одна с наименьшим радиусом, другая — с наибольшим радиусом. Радиусы этих окружностей определяют кривизну поверхности в данной точке именно совместно (произведение), а не по отдельности (рис. 5).

90

### Рис. 5. Седловидная поверхность Лобачевского - Больяй

Если совместить точку  $P$  с началом прямоугольной системы координат (координата  $Y$  совпадает с линией  $C_1PC_2$ , а  $X$  — с перпендикулярной линией, пересекающей  $C_1PC_2$  в точке  $P$ ), то радиус окружности, касательной в точке  $P_1$  находящейся на  $PC_1$ , будет иметь положительное числовое значение, а радиус окружности на линии  $PC_2$  — значение отрицательное. Произведение обратных числовых значений радиусов этих окружностей будет иметь отрицательное числовое значение ( $K < 0$ )



С точки зрения неевклидовой геометрии возможны следующие значения кривизны  $K$ :  $K > 0$  — это сферическая геометрия. В этой геометрии линии имеют конечную длину, двигаясь по ним, мы снова возвращаемся к исходной точке, сумма углов треугольника здесь всегда больше  $180^\circ$ .  $K < 0$  — это геометрия Лобачевского и Больяй. Здесь линии обладают бесконечной протяженностью, и через точку, лежащую вне прямой линии, можно провести бесконечное множество не пересекающихся с ней линий. Сумма углов треугольника здесь всегда меньше  $180$ .  $K = 0$  — это евклидова геометрия.

Таким образом, математическое понятие «бесконечно малого масштаба измерения» стало ключевым для создания неевклидовой геометрии. Наглядность пространственной симметрии стала уступать симметрии чисел.

### 3.1.7. Геометрия Б. Римана

Б. Риман обобщил метод построения геометрии Гаусса с двух измерений на произвольное число измерений. Здесь речь идет об абстрактных математических построениях без привычных евклидовых треугольников, окружностей и подобного рода фигур геометрии Евклида. Вместо абстрактного понятия Гаусса о бесконечно малом масштабе измерения, но интуитивно представляемого

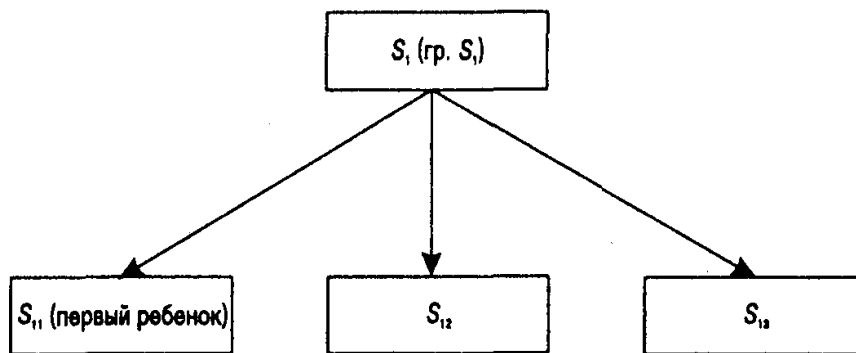
91

Б. Риман ввел более «прозаическое» в математическом смысле понятие индекса обозначений.

Индекс обозначений в геометрии Б. Римана позволяет в пространстве с произвольным числом измерений описать положение каждой точки этого пространства, не прибегая к наглядным представлениям. Следовательно, понятие пространства значительно расширило свое содержание. Можно говорить, например, о социальном пространстве и т. д. Предположим, что нам необходимо исследовать пространство поколений некоего гражданина  $S$ , имевшего детей. Если использовать индексы обозначений, тогда возможна следующая геометрия Римана (рис. 6).

#### Рис. 6. Пространство поколений гражданина $S$ в геометрии Римана

Пространство поколений данного гражданина будет определяться количеством и последовательностью индексов. Отсутствие потомства обозначается индексом 0. Каждой точке такого пространства будет однозначно соответствовать определенное количество индексов



В геометрии Римана используется понятие тензора. **Тензор** (лат. *tensus* — напряженный) — это величина, характеризующая «напряженность» компонентов в областях пространства. Так, для определения положения 3-го поколения гр.  $S$  необходимо 4 индекса, для 2-го — 3 индекса, для 1-го — 2 индекса, т. е. всегда на один индекс больше. Совокупность членов (компонентов) одной области (в данном случае одного поколения гр.  $S$ ) называется **тензором**, поскольку все компоненты данной области (поколения) имеют одинаковое количество индексов обозначения. Тензоры имеют соответствующие ранги. Например, тензор 1-го ранга описывает «пространство» первого поколения в данном примере. Тензор 4-го ранга в геометрии Римана соответствует нашему трехмерному миру (длина, ширина и высота). Математические исследования показали в дальнейшем, что понятие тензора в геометрии Римана можно использовать для описания поля тяготения в его геометрии-

92

ческой трактовке. В этом случае понадобится тензор с 20 компонентами (импульс, энергия и т. д.).

### 3.1.8. ОТО основывается на двух принципах или постулатах

1. Принцип относительности.

2. Принцип эквивалентности тяжелой и инертной масс тела. Первый принцип утверждает, что законы физики должны

иметь один и тот же вид не только в инерциальных системах, но и в неинерциальных системах отсчета, т. е. инерциальные системы отсчета не должны рассматриваться как привилегированные системы отсчета, как это делала классическая механика. Анализируя неинерциальные системы отсчета, движущиеся с одинаковым ускорением, Эйнштейн пришел к неожиданному выводу о том, что в этих системах возникает явление, сходное с явлением тяготения в однородном поле гравитации. Однородное гравитационное поле — это некая абстракция или идеализация. В этом поле сила гравитации имеет одинаковую величину по всем его направлениям и в каждой его точке. Учитывая это сходство, А. Эйнштейн пришел к выводу, что силу тяжести можно создать или уничтожить переходом в систему отсчета, движущуюся с ускорением. Например, если человек находится в лифте без окон вне действия силы тяготения, то он будет находиться в состоянии невесомости. Все окружающие его предметы и он сам не будут притягиваться к полу лифта. Если мысленно тянуть лифт вверх с помощью каната со скоростью, равной ускорению свободного падения на Земле, то этот человек ощутит действия силы гравитации, которая будет аналогична силе гравитации в однородном гравитационном поле, где в каждой его точке ускорение свободного падения тел имеет одну и ту же величину. На самом деле из внешней системы отсчета правильно говорить о том, что лифт, его пол, движется к находящемуся в нем человеку и предметам.

**Принцип эквивалентности тяжелой и инертной масс.** В этом принципе содержится ответ на вопрос, который задавал себе Эйнштейн: от чего зависит действие силы тяготения, чем она определяется? В физике Ньютона тяготение зависит исключительно от массы тел. Из закона свободного падения тел, открытого Галилеем, следовало, что между тяжелой и инертной массами тела существует пропорциональная зависимость, которая позволяет допустить, что

между этими массами тела нет существенного различия, когда мы говорим о действии силы гравитации.

93

Поскольку все тела падают с одним и тем же ускорением независимо от их веса, то это говорит о том, что инертная масса тел пропорциональна их гравитационной массе. Отношение  $M_i/m_i$ , (где  $m_i$  — инертная масса любого тела,  $M_i$  — гравитационная масса этого же тела) при свободном падении тел остается постоянным для всех тел независимо от их реальной физической природы (сделанные из дерева или металла и т. п.). В 1890 г. венгерский физик Этвеш экспериментально доказал справедливость предположения физики Галилея — Ньютона о пропорциональности инертной и гравитационной масс тела. У Ньютона это отношение было меньше  $10^{-8}$  ( $M_i/m_i < 10^{-8}$ ). В дальнейшем эта величина оказалась еще меньше, что позволяет говорить о равенстве, эквивалентности этих масс тела.

Анализируя физический смысл пропорционального соответствия между инертной и тяжелой массами тела, а также природу сходства действия силы тяготения с явлением, возникающим в неинерциальной системе отсчета, движущейся с постоянным ускорением, **Эйнштейн пришел к выводу, что сила тяготения не зависит от массы тел. Естественно, возникал вопрос: от чего она зависит? На этот вопрос Эйнштейн дал следующий ответ: с теоретической точки зрения есть основания утверждать, что сила тяжести эквивалентна искривлению пространства и искривление пространства эквивалентно действию силы тяготения.** В этом решении силе инерции, которая в физике Ньютона рассматривалась как нереальная сила, придается реальный статус. Например, при движении поезда пассажиры наблюдают кажущееся движение предметов вне поезда в противоположную сторону. В теории Эйнштейна этой силе придается реальный смысл. Предположим, что имеется лифт, который закреплен на канате таким образом, что на расположенные в нем предметы не действует сила тяготения. Тогда предметы будут располагаться на одной линии относительно пола лифта. В момент обрезания каната возникнет сила инерции, которая будет стремиться сохранить начальное положение каждого предмета в лифте. Поскольку сила тяготения направлена к центру Земли, то направление силы инерции для каждого предмета лифта не будет одинаковым, а будет зависеть от его расстояния до центра лифта. Для одних предметов она будет направлена вверх, где сила тяготения будет перпендикулярно направлена к центру Земли. В других местах лифта направление силы инерции будет под определенным углом к направлению

94

силы гравитации. В результате пространство внутри падающего лифта будет искривленным. Для наблюдателя вне лифта предметы будут располагаться не на прямой горизонтальной линии, параллельной полу, а на искривленной линии. Свет в таком пространстве будет распространяться не по прямой линии, как этого требовала СТО, а по кривой линии.

### 3.1.9. Следствия ОТО

1. Свет в искривленном пространстве-времени не может распространяться с одной и той же скоростью, как требовала СТО. Вблизи источника силы тяготения он распространяется медленнее, чем вдали от него.

2. Ход часов замедляется при приближении к источнику гравитации.

3. В структуре пространство — время — энергия (вещество, поле, излучение) возможны образования, структуры, где сила гравитации, представленная соответствующей величиной тензора кривизны, настолько сильна, что из этой структуры, как своеобразной «черной дыры», не может вырваться энергия в виде света, поля и вещества. В уравнение тяготения Эйнштейна входит тензор «энергии-импульса» из 10 компонентов для описания ускорения тела в движущейся среде. Добавление к этому тензору информации (компонентов) о

силах, действующих в самой движущейся среде, где находится тело, дает систему уравнений для описания эволюционных процессов во Вселенной.

Создав ОТО, А. Эйнштейн указал на три явления, объяснения которых его теорией и теорией Ньютона давали разные результаты: это поворот плоскости орбиты Меркурия, отклонение световых лучей, проходящих вблизи Солнца, и красное смещение спектральных линий света, излучаемого с поверхности массивных тел. Эффект поворота плоскости орбиты Меркурия был открыт еще астрономом Леверрье (1811 — 1877). Теория Ньютона не давала объяснения этому явлению. Речь идет о повороте плоскости орбиты Меркурия вокруг большой оси эллипса, по которому Меркурий движется вокруг Солнца.

Согласно ОТО А. Эйнштейна планеты, завершая полный оборот вокруг Солнца, не могут возвращаться в то же самое место, а сдвигаются несколько вперед и их орбиты поворачиваются медленно в своей плоскости. Этот эффект был предсказан А. Эйн-

штейном. Проверка вычислений точно совпала с предсказаниями ОТО.

С развитием теории ОТО тесно связана идея создания теории калибровочных полей. Немецкий математик Г. Вейль (1862—1943) в работе «Пространство, время и вещество» (1918) сформулировал принцип, согласно которому физические законы должны быть инвариантными (иметь одинаковый вид) относительно изменения масштабов измерения в системах пространство — время — вещество. Преобразование или изменение масштабов измерения может быть как однородным, так и неоднородным от одной точки к другой в пространственно-временных структурах.

Неоднородные преобразования называются калибровочными. В ОТО масштабы длин и времени не зависят от места, времени и состояния движения наблюдателя. Теория Г. Вейля допускает как раз изменения масштабов времени в пространственно-временных структурах.

**Искривленное** пространство можно вообразить следующим образом. Если растянуть тонкий лоскут резины и поместить в центр его тяжелый предмет, то резина под ним провиснет. Если теперь покатить маленький шарик по этому лоскуту, то его будет тянуть к впадине. Если впадина глубокая, то шарик будет вращаться вокруг предмета, образовавшего эту впадину.

## ВЫВОДЫ

1. Геометрическая трактовка силы тяготения - основная идея ОТО. В ней каждой точке искривленного пространства соответствует сила тяготения определенной величины и обратно каждой величине силы тяготения соответствует величина кривизны пространства.

2. Анализ уравнений тяготения Эйнштейна оказал огромное влияние на развитие современной космологии.

3. ОТО не объясняет причины возникновения гравитации, но дает эффективный метод анализа этого явления.

4. В теории Ньютона, с одной стороны, пространство и время, с другой - вещество, материя как единственная физическая реальность. В теории Эйнштейна вещество, физическое поле, энергия, материя, пространство и время являются целостной, единой физической реальностью.

5. Отказ Эйнштейна от понятия эфира остро обсуждается некоторыми современными авторами в связи с разработкой концепций происхождения Вселенной.

96

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ

1. Принципы СТО.
2. Следствия СТО.
3. Принципы ОТО.
4. Следствия принципов ОТО.
5. Неевклидова геометрия.

## Глава 3.2. СОВРЕМЕННОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ О ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАЛЬНОСТИ И СИЛАХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПРИРОДЕ

*Основные понятия: эволюция представлений о строении вещества,*

*квантовая механика и квантовая теория, классификация частиц, физические величины постоянной Планка, теория кварков, современная модель строения атома, антивещество*

### 3.2.1. Сегодня известно пять сил физического взаимодействия

Гравитация (лат. *gravitas* — тяжесть), электромагнитные силы, сильные, слабые и глюонные (англ. *glue* — клей). Первые две изучались в классической науке. **Силы сильного взаимодействия обеспечивают целостность и устойчивость ядра атома. Силы слабого взаимодействия действуют при распадах и столкновениях частиц, которые могут возникать и в ядре атома, но существенной роли в придании энергетической устойчивости ядра атома эти частицы не играют. Силы слабого взаимодействия управляют процессом радиоактивного распада частиц.**

В конце прошлого века была доказана электромагнитная природа этих сил. **К глюонным силам** относят физические силы, которые придают целостность и устойчивость частицам, участвующим в сильном взаимодействии в ядре атома (**протоны, нейтроны** и некоторые другие). С каждой из этих сил связано определенное физическое поле (гравитационное и т. д.). Кроме этого, считается, что в каждом из этих полей взаимодействие передается соответствующими частицами. Таким образом, существуют частицы, из которых состоит вещество Вселенной, и частицы, которые переносят взаимодействие физических сил в соответствующих им физических полях. Наряду с веществом и физическим полем в современной физике используется такое физическое состояние, как **вакуум** (лат. *vacuum* — пустота). Еще XVII в. был известен термин «пустота Торричелли» (Торричелли — ученик Галилея, изобретатель ртутного барометра), который использовался для обозначения состояния отсутствия вещества и действия сил физического взаимодействия, т. е. пустоты в абсолютном смысле. В технике «вакуум» — это уровень разряжения газа, когда длина пробега частицы газа превышает линейный размер сосуда, в котором частица находится.

На современном уровне различают **истинный и ложный вакуум. Истинный вакуум** — это физическое состояние, при котором среднее значение энергии всех составлявших его физических полей равно нулю. Но в нем рождаются **виртуальные** (лат. *virtuale* — воз-

98

можный) частицы с коротким временем жизни. **Ложный вакуум** — это неустойчивое физическое состояние, как полагают, в эволюции Вселенной с огромной энергией и предшествующее возникновению атомов и составляющих их частиц современной физической реальности. В ложном вакууме отсутствуют, как полагают, частицы. Согласно закону сохранения энергии в ложном вакууме положительная энергия равна отрицательной энергии. Положительная энергия является внутренней энергией ложного вакуума, его энергетической сутью, его темной, а не светящейся физической природой. Эта энергия препятствует образованию физических частиц вещества и физических полей. Вторая энергия является энергией, которая ведет к образованию частиц светящейся части Вселенной.

Ниже приведена краткая история развития представлений о строении вещества, которое завершилось созданием квантовой механики (КМ) — первой физической теории о строении атома и законах движения объектов в микромире и положившей начало развитию современных представлений о физическом мире. **Созданию КМ предшествовал ряд важных открытий: открытие катодных и рентгеновских лучей, открытие электрона и естественной радиоактивности.**

*Краткая история изучения первичных элементов вещества, начиная с XVII в.* В 1661 г. Р. Бойль — член Лондонского Королевского общества, в книге «Скептический химик» изложил с атомистической точки зрения начала химии: простые тела у него состоят из атомов одного сорта, сложные тела — из атомов других сортов. К простым телам он относил воду, а остальные — к сложным. Р. Бойль был уверен, что атомы могут делиться на части и что когда-нибудь



человечество найдет «тайный агент» расщепления атомов и тогда реализуется давняя мечта алхимиков о производстве золота, поскольку из расщепленных частей атомов можно будет создавать атомы золота.

Большой вклад в развитие теории вещества внес российский ученый М. В. Ломоносов (1711—1765), его работа «Элементы математической химии» (1741) развивает атомистические начала химии. Большая заслуга в развитии атомистической химии принадлежит французскому химику А. Лавуазье (1734—1794), автору курса по химии «Начальный учебник химии» (1789) и основателю термодинамики. Он был гильотинирован по решению революцион-

99

ного трибунала. В истории сохранилась фраза судьи: «Республика не нуждается в ученых».

К началу XIX в. химия стала использовать количественные методы и приобрела уже значительный опыт проведения химического анализа различных веществ. В 1808 г. манчестерский учитель химии Д. Дальтон (1766—1864) опубликовал первый том своего исследования «Новая система химической философии». В этом исследовании вновь высказывается идея атомистической химии, которая, по существу, ничем не отличалась от идей Бойля — Ломоносова — Лавуазье. Новым у Дальтона было открытие законов для газов, введение понятия атомной массы, определение относительных масс атомов и введение обозначений. Атомы простых химических элементов Д. Дальтон обозначал следующим образом: водород — H, кислород — O, фосфор — P и т. д.

Определение относительной массы атомов Д. Дальтон делал следующим образом: 1 фунт (0,409 кг) воды состоит из  $\frac{1}{8}$  фунта водорода и  $\frac{7}{8}$  фунта кислорода. Поскольку вес молекул воды одинаков, то в каждой массе молекулы воды  $\frac{1}{8}$  часть массы атома водорода и  $\frac{7}{8}$  массы кислорода. Далее, если массу атома водорода принять за 1 (единицу), то масса атома кислорода будет равна 7 (семи). Д. Дальтон не разделял мнения Р. Бойля о возможности расщепления атома. Например, золото он считал простым химическим элементом, состоящим из атомов золота, которые можно извлечь из чего-то, но не создать. Химические реакции у Д. Дальтона — это разъединение и соединение атомов, а атомы того же сорта имеют одну и ту же массу.

В 1816 г. английский врач У. Праут в журнале «Философские анналы» высказал идею, что атом водорода является основным атомом, из которого состоят все другие атомы: атом кислорода — из 7 атомов водорода, атом азота — из 5 атомов водорода и т. д. Праут поддерживал гипотезу Р. Бойля о «тайном агенте» расщепления атомов. Гипотеза У. Праута является первой научной гипотезой о сложном строении атома. Статья У. Праута поставила вопрос о точности измерения атомной массы тел, поскольку измерения Д. Дальтона вызывали сомнения.

Шведский химик И. Я. Берцелиус (1779—1848) взялся за это дело с большой скрупулезностью. Ему удалось повысить точность измерений Д. Дальтона и открыть ряд ранее неизвестных химических элементов. Он проанализировал более 2000 химических соединений. Он же предложил новую символику в обозначении хи-

100

мических элементов и формул: Fe — первые буквы названия железа — *ferum*, H<sub>2</sub>O — вода, NH<sub>3</sub> — аммиак. В 1860 г. итальянец Станислав Канниццаро (1826—1910) усовершенствовал методику расчетов Берцелиуса и тем самым способствовал созданию современной химии.

Хотя идея У. Праута не получила должного признания, но проблема классификации химических элементов приобрела ко второй половине XIX в. актуальное значение (интересовало количество химических элементов в природе и наличие между ними физических и химических связей). Еще в 1786 г. немецкий химик Н. Г. Марне в книге «О числе химических элементов» высказал идею о физико-химической связи между химическими элементами.

В 1863 г. англичанин Дж. Ньюлендс предложил расположить химические

элементы в порядке возрастания их атомных весов, но его идея расположения по строкам из семи элементов должным образом не была понята. Наконец два автора пришли к новой классификации химических элементов: Ю. Л. Мейер (профессор университета в Бреслау) и Д. И. Менделеев (1834—1907) (профессор Санкт-Петербургского университета). Периодический закон, открытый Д. И. Менделеевым в 1869 г., был справедливо назван выдающимся российским химиком академиком Н. Д. Зелинским (1861 — 1953) **«открытием взаимной связи всех атомов в мироздании»**.

В своем законе Д. И. Менделеев использовал понятие атомной массы: масса вещества есть именно такое свойство его, от которого должны находиться в зависимости все остальные свойства. Поэтому ближе и естественнее всего считать зависимость между свойствами и сходствами элементов, с одной стороны, и атомными их весами (массами) — с другой.

В периодическом законе Д. И. Менделеева свойства простых тел и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости (или, выражаясь, как писал Д. И. Менделеев, алгебраическим языком, образуют периодическую функцию) от величины атомных весов элементов. Идея классификации Менделеева определенным образом перекликается с идеей Ньютона (у Ньютона масса является решающим фактором в тяготении, у Менделеева — во взаимодействии химических элементов). Точность химических измерений, установление закона зависимости химических и физических свойств соединений и химических элементов от атомных масс, появление гипотезы о строении вещества итальянского физика и химика А. Авогадро (1776—1856) и открытие

бро-

101

уновского движения в 1827 г. способствовали исследованию проблемы строения атома. Закон Авогадро, названный по имени его открывателя, был сформулирован в 1811 г. для идеальных газов: в разных объемах идеальных газов при одинаковых величинах температуры и давления содержится одинаковое число молекул.

Впервые эмпирическое доказательство существования атома привел французский физик Жан Перрен в 1908 г. Он вычислил, что в одном грамме водорода содержится  $6 \cdot 10^{23}$  атомов. Этот эксперимент убедил многих ученых в том, что атомы не являются лишь удачной гипотезой, а существуют на самом деле.

**Открытие катодных и рентгеновских лучей.** Еще в XVIII в. Б. Франклин высказал предположение о том, что «атомы электричества» меньше атомов тел, в которые они могут проникать. Далее, из исследований М. Фарадея о прохождении электричества через жидкости следовало, что «атомы электричества» имеют дробный заряд и что кроме обычных нейтральных электрических атомов существуют «странные атомы», **ионы** (в переводе с греческого — идущий). Это атомы имеют избыток или недостаток одного или нескольких электронов. Изучение прохождения электричества через газы привело к открытию катодных лучей. Катодная трубка — это стеклянная, запаянная с двух концов трубка, в которую впаяны две металлические пластинки, соединенные с полюсами источника постоянного тока (катод — с отрицательным полюсом, анод — с положительным полюсом). В 1859 г. немецкий физик Плюккер (1801 — 1868) обнаружил, что при прохождении электрического тока в сильно разряженном пространстве трубки (откачен воздух) с поверхности катода выходят лучи, которые заставляют светиться те части стенок трубки, на которые они падают.

Английский физик У. Крукс (1832—1919) дал следующее объяснение этому явлению: эти частицы отрицательно заряжены и движутся с огромной скоростью, и они входят в состав атомов, из которых состоят химические элементы. Из его гипотезы выходило, что атом есть составное физическое образование. Многие считали тогда эту гипотезу ложной. Катодные лучи оказались интересным объектом. Исследование их привело к открытию электрона и рентгеновских

лучей. Помещение катодных лучей в магнитном поле вело к искривлению их пути. Направление, в котором шло искривление их пути, говорило, что они заряжены отрицательно. Другим же явлением, связанным с катодными лучами, было свечение лучей зеленого света, которые исходили из тех мест

102

стеклянной трубки, на которые катодные лучи падали. Если на пути этого «зеленого свечения» поставить препятствие, то они давали изображение этого препятствия на бумаге, покрытой чувствительной световой эмульсией.

В 1895 г. немецкий физик В. Рентген (1845—1923) чисто случайно открыл это явление, назвав их лучами X.

**Открытие электрона.** Термин «электрон» был предложен ирландским физиком Д. Стонеем в 1891 г.

В буквальном переводе с греческого языка на русский электрон означает **янтарный**. Развивая идеи М. Фарадея, Дж. Стоней предложил рассматривать катодные лучи как поток электронов (отрицательно заряженных частиц с одинаковой порцией заряда). Открытие электрона связано с именем английского физика Дж. Дж. Томсона. Для открытия электрона он использовал зависимость ускорения частицы от ее заряда и массы ( $a = e/m$ , где  $a$  — ускорение,  $e$  — заряд частицы,  $m$  — масса частицы). Величина ускорения частиц катодных лучей, помещенных в электрическое или магнитное поле, зависит от отношения  $e/m$  в электрическом поле, а в магнитном поле еще от их скорости. Комбинируя воздействия на катодные лучи электрического и магнитного полей, Томсон получил два уравнения, решение которых убеждало, что катодные лучи — это поток частиц одинакового заряда и одинаковой массы, движущейся с достаточно высокой скоростью, зависящей от разности потенциалов между катодом и анодом трубки. В дальнейшем Томсон измерил соотношение  $e/m$  применительно к частицам, выходящим из металла при освещении его ультрафиолетовым светом. Оказалось, что эти частицы также являются электронами. В начале XX в. американский физик Р. Милликен измерил электрический заряд электрона. Заряд электрона равен — 1, масса покоя —  $9,109534 \cdot 10^{-31}$  кг.

Дж. Дж. Томсону принадлежит первая эвристическая модель атома, которая получила название «изюминки в тесте»: атом — это сфера с плотной однородной положительной электронизацией, в которую встроены отрицательные электроны. Модель не отвечала наблюдаемым фактам: атомы устойчивы, электрически нейтральны, заряд электронов отрицательный, а общая сфера атома, по Томсону, является положительной. Следовательно, возникает вопрос: каким образом атом как система может существовать? В 1904 г. Дж. Дж. Томсон предположил, что электроны вращаются в атоме, но, каков механизм этого вращения в атоме, оставалось

1003

непонятным. В дальнейшем Дж. Дж. Томсон не занимался этой проблемой. Этой проблемой увлекся молодой физик З. Резерфорд (1871—1937). Он поступил в докторантуру Дж. Дж. Томсона в 1895 г. за год до открытия случайным образом французскими физиками А. Беккерелем радиоактивности. Э. Резерфорд сразу же заинтересовался этим необычным для классической физики явлением.

**Открытие радиоактивности.** В 1898 г. Мария Склодовская-Кюри (1867—1934) и ее муж Пьер Кюри (1859—1906) обнаружили, что уран в результате излучения превращается таинственным образом в другие химические элементы (полоний и радий). Радий по-латыни означает испускающий лучи, полоний назван в память о родине Марии Склодовской-Кюри — Польше. Термин «**радиоактивность**» был введен в научный язык Марией Склодовской-Кюри в 1899 г. В магнитном поле эти лучи расщеплялись на два излучения. В 1903 г. Э. Резерфорд дал им название:  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучение.

Пьера и Марию Кюри особо заинтересовал радий, который в миллион раз оказался активнее, чем уран. Воздействие излучения, исходящего из радия, на раковые клетки показало замедление их роста, поэтому выделение радия в чистом виде привлекло внимание не только физиков, но и медиков и биологов. В 1912 г. Лихин А. Ф. Концепции современного естествознания : учеб. — ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. - 264 с.

во Франции был создан институт Радия, который стал развивать одно из направлений в науке — радиобиологию. Э. Резерфорд и его сотрудник Фредерик Содди (1877—1956) тщательно изучили процесс излучения радия и пришли к неожиданным выводам.

**Радиоактивность связана с превращением одних химических элементов в другие естественным путем. В атоме сосредоточена огромная энергия. Радиоактивность** не зависит от состояния окружающей среды. **Радий (Ra)** за счет внутреннего энергетического ресурса превращался в газ радон (Rn). Это превращение сопровождалось  $\alpha$ -излучением. В науке появилась новая химическая формула, выражающая этот процесс, которой не было раньше:  $Ra - Rn + He (\alpha)$ . Раньше считалось, чтобы получить новое вещество, необходимо внешнее воздействие: соединение, разложение, нагревание и т. д. В то же время излучение радия было постоянным, практически без потери его массы и независимо от состояния окружающей среды.

Э. Резерфорд предположил, что если облучать вещество таким тонким инструментом, как поток  $\alpha$ -частиц, ядрами гелия (**размер ядра атома равен приблизительно  $10^{-13}$  см**), то можно выяснить

104  
строение атома любого вещества. Он проделал эксперимент, который позволили ему высказать фразу: «Я знаю, как устроен атом». Металлическая пластинка из бериллия облучалась потоком  $\alpha$ -частиц. Приблизительно одна из 3000  $\alpha$ -частиц отскакивала при этом от металлической пластинки, как бы сталкиваясь с положительно заряженной частью атома, поскольку  $\alpha$ -частицы имеют положительный заряд.

Тонкие вычисления при объяснении этого эксперимента позволили Э. Резерфорду предложить «планетарную модель атома»: в центре атома расположена положительно заряженная область -ядро, вокруг которого вращаются электроны, как по орбитам вокруг Солнца вращаются планеты. Однако было не ясно, как электрон удерживается в атоме. Н. Бор (1885—1961), который работал в лаборатории Э. Резерфорда в начале прошлого века, был первым из тех, кто предложил объяснение этого явления. Для этой цели он использовал ряд известных к тому времени идей: **гипотезу М. Планка, фотонную теорию света А. Эйнштейна и результаты спектрального анализа атома водорода.**

### 3.2.2. Гипотеза М. Планка

М. Планк, изучая проблему теплового излучения, выдвинул в 1900 г. гипотезу, согласно которой механизм «траты» энергии в природе осуществляется минимальными порциями в минимальные единицы времени. Иначе говоря, в природе установлен как бы порционный порядок перехода энергии из одного вида в другой. Из анализа кривых излучения абсолютно черного тела, вид которых был установлен эмпирически, М. Планк получил формулу:  $W = hf$  где  $W$  — энергия излучения,  $f$  — частота излучения,  $h$  — постоянная Планка. **Постоянная Планка** (часто используют вместо величины  $h$  более дробную величину  $\hbar = h/2\pi$ ; где  $\pi$  — постоянная величина, характеризующая отношение длины окружности к ее диаметру, равна 3,14159) — это универсальная постоянная, выражающая минимальную порцию квант-энергии при всех видах физического взаимодействия энергии в виде вещества, полей, излучения и вакуума. Постоянная Планка представляет масштаб дробности для всех квантов — действия (энергии). Например, при нагревании тела оно меняет свой цвет. Каждому цвету соответствуют определенные кванты излучения, которые не могут быть меньше величины  $h$  (постоянной Планка), равной приблизительно  $6,6261176 \cdot 10^{-34}$  Дж · с.

105  
М. Планк рассматривал квант-энергии лишь как удачную гипотезу для объяснения данных наблюдения динамики теплового излучения. Однако Н. Бор придал этому понятию определенный физический смысл: в атоме изменение

энергетического положения (уровня) электрона происходит путем излучения или приобретения им квант-энергии. Но это было уже в начале второго десятилетия XX в., когда Н. Бор сформулировал свои знаменитые постулаты.

**В 1905 г. А. Эйнштейн перешел от гипотезы о квантах М. Планка к теории квантов света, т. е. фотонной теории света.** Он утверждал, что свет как электронно-магнитные волны имеет двойственную природу: в одних случаях ведет себя как волна, в других — как частица. Когда свет ведет себя как волна, тогда он подчиняется законам Дж. Максвелла, а когда он ведет себя (обнаруживает себя) как частица, то его целесообразно рассматривать как газообразное тело, состоящее из частиц, фотонов, квантов света. Термин «**фотон**» придуман в 1926 г. Дж. Н. Льюисом (физик, химик). В конце XIX в. были созданы методы спектрального анализа. В частности, была известна математическая формула И. Бальмера (учитель математики). В этой формуле было выражено отношение между длинами волн зеленого, красного, синего и других цветов спектра атома водорода. **Когда Н. Бор проанализировал формулу И. Бальмера, он, как потом писал, понял, что в атоме управляет, господствует квант-энергия.**

Действительно, в этой формуле была представлена последовательность чередования переменных целых числовых значений, из которых вычиталась некоторая постоянная величина, типа постоянной Планка.

**Н. Бор сформулировал в 1913 г. постулаты для объяснения модели атома Резерфорда.**

**Первый постулат** (постулат стационарного состояния атома). Согласно ему, в атоме разрешено стационарное состояние, при котором электрон может находиться на определенной орбите (энергетическом уровне) и не излучать энергии. Речь идет о состоянии, когда на атом не действуют внешние силы. В этом стационарном состоянии атом может находиться сколь угодно долго. Первый постулат противоречит электродинамике Д. Максвелла: движущийся электрон всегда должен создавать вокруг себя электромагнитное поле, излучать энергию. Следовательно, его масса должна

уменьшаться, и поскольку его масса существенно меньше ядра атома, то сила тяготения «заставит» его упасть на ядро атома.

**Второй постулат** (правило квантования орбит электрона). Переход от стационарного состояния атома осуществляется путем поглощения или излучения квант-энергии по определенному правилу частоты. Все изменения (переходы) состояния атома (стационарное, нестационарное) связаны с поглощением или излучением электроном квант-энергии. **Квантовым числом называется число, выражающее физические параметры частицы.** Когда Н. Бор создавал свои постулаты, была известна лишь одна частица — электрон. Поэтому Н. Бор назвал **главным числом** (другие квантовые числа тогда были неизвестны) положение электрона на орбите в атоме. В настоящее время для описания движения электрона в атоме используется несколько квантовых чисел, поскольку уже известны другие физические параметры электрона, кроме его положения на орбите вокруг атома.

Модель Н. Бора производила странное впечатление: атом живет как бы по двум законам: в одних состояниях — по обычным законам, в других — по необычным законам. Кроме того, получалось, что электрон как бы наделен «полной информацией» и «свободой воли». Он, во-первых, «знает», на какую орбиту ему переходить в соответствующий пространственно-временной момент. Во-вторых, он «знает» степень риска, переходя на верхнюю орбиту, и тем не менее не выскакивает за пространственные границы атома, опускаясь на нижнюю орбиту к центру атома, не падает на его центральную часть. Постулаты Н. Бора не имели надлежащего теоретического обоснования вплоть до появления в 1923 г. теории о «волнах материи». Модель Н. Бора в буквальном смысле спас французский физик Луи де Бройль-младший (1892—1987), который вначале занимался литературой и

искусством, но под влиянием своего старшего брата увлекся физикой. В 1923 г. в Сорбонне под руководством выдающегося французского физика П. Ланжевена (1872—1946) он защитил диссертацию, в которой развил удивительную гипотезу о существовании загадочных волн, названных впоследствии **волнами-материи**.

Согласно этой гипотезе с каждым материальным объектом, имеющим импульс (произведение массы на его скорость движения), связана пропорционально волна определенной длины по следующей формуле:  $\lambda = h/p$  или  $\lambda = h/mv$ , где  $\lambda$  — длина волны,  $h$  — постоянная Планка,  $p$  — импульс,  $v$  — скорость. Телу массой

107 в 1 г и скоростью движения 1 м/с соответствует дебройлевская волна -  $6,68 \cdot 10^{-27}$  см.

**Волны** де Бройля связаны со всеми объектами, имеющими массу и импульс движения. Для объектов с большой массой обнаружить соответствующие им волны де Бройля технически сложно. Чтобы вычислить их значения, нужно разделить величину постоянной Планка на величину импульса этих объектов, например нашей планеты. Поэтому наблюдаемые объекты мира кажутся не дрожащими, постоянными и неизменными. Стационарное состояние атома в модели Н. Бора получило следующее объяснение.

Электрон как частица, имеющая соответствующую волну Луи де Бройля, движется на стационарной орбите таким образом, что на этой орбите уменьшается целое число длин волн де Бройля (конец волны одного оборота вокруг ядра точно совпадает с началом следующей волны). Когда же этого совпадения нет, то происходит несовпадение горбов и впадин волны, т. е. где-то горбы совпадают, а где-то горбы приходятся на впадины, что ведет к изменению энергии стационарного состояния, испусканию или поглощению квант-энергии. К 1927 г. было экспериментально доказано, что электрон, наряду со свойствами частицы, обладает еще и волновыми свойствами. Кроме этого, было обнаружено еще одно квантовое число электрона, а именно внутреннее вращение электрона вокруг своей оси. Этот параметр называется спином ( $S$ ), в переводе с английского означает вращающийся волчок. Для определения вращающегося момента точки, например, на поверхности сферы, нужно знать массу ( $m$ ) точки, расстояние ее до центра вращения и угловую скорость вращения данной точки. Спин частиц измеряется в постоянной Планка ( $h$ ) и может быть представлен целым числом или полуцелым от 0 до  $9/2$  (0 — пионы,  $9/2$  — некоторые резонансы).

Спин фотона ( $Y$ ) = 1, спин протона, нейтрона, электрона =  $1/2$ . Спином обладают не только электроны, но все другие частицы, за исключением мезонов. Спин ( $S$ ) — имеет не только энергетическую величину, но и направление, т. е. его проекция в трехмерном пространстве может иметь разные направления. Например, нейтрон и антинейтрон имеют одинаковую массу, оба не имеют заряда, но различаются лишь противоположными направлениями своих спинов. Электрон кроме спина ( $S$ ) имеет еще момент количества движения в результате вращения вокруг ядра атома ( $I$ ), а также

108 собственный магнитный момент (как движущаяся электрически заряженная частица он создает собственное магнитное поле).

Полный момент количества движения электрона в атоме ( $J$ ) определяется по формуле:  $J = I + S$ , где  $S$  — спин электрона,  $I$  — орбитальный момент электрона, вращение вокруг ядра.

Для описания движения электрона в атоме нужно четыре квантовых числа. Но каждый электрон в атоме не имеет одинакового значения этих чисел, согласно принципу Паули. **Принципом Паули** называют принцип запрета или правило заполнения энергетических уровней электроном в атоме. Число орбит электрона в атоме определяется по формуле  $2n^2$ , где  $n$  — номер орбиты. Все частицы с полуцелым спином подчиняются принципу Паули.

### 3.2.3. Квантовая механика

Поиск математического представления законов движения частиц в атоме связан с деятельностью физиков Э. Шредингера и В. Гейзенберга. **Уравнение Э. Шредингера (1887—1961). Он изначально верил, что электрон — это волна, а не частица.** Цель его была найти волновое уравнение, определяющее движение волны-электрона в атоме. Это уравнение он обозначил греческой буквой  $\psi$  — пси, поэтому волновое уравнение Э. Шредингера называют общим названием пси-функцией. Электрон-волну можно представить в виде волнового пакета. Значение электрон-волны вычисляется по результатам многих измерений, из которых вычисляется среднее и квадратичное отклонения от средних значений. Пси-функция только в форме вероятностных значений говорит о физических параметрах электрона: координата, энергия, скорость, время и т. п. **Если квадрат вероятностного значения пси-функции равен единице** [ $(\psi^2(\Delta x \cdot \Delta y \cdot \Delta z \cdot \Delta t)) = 1$ ], то можно говорить с большой вероятностью, что этот электрон находится в данном месте пространства вокруг ядра атома, где  $x, y, z, t$  — пространственно-временные координаты.

Уравнение Э. Шредингера выражает в математической форме движение не только электрона атома, но и любого микрообъекта в микросистеме. Свои результаты Э. Шредингер опубликовал в январе 1926 г., его уравнения представляют нерелятивистский вариант квантовой механики (без учета эффектов релятивистской механики А. Эйнштейна). По сравнению с классической механикой вычисления уравнений Э. Шредингера, использующие операторы функций от функций, имеют сложный характер, но они точ-

109

но выражают физический смысл процессов, происходящих в микромире.

**Соотношение неопределенностей В. Гейзенберга (1901 — 1976).** В. Гейзенберг учился в Геттингене у немецкого физика-биофизика Макса Борна (1882— 1970). Он верил, что электрон — это частица и считал, что Э. Шредингер заблуждается, говоря об электроны как о волне. Свои результаты он получил раньше Э. Шредингера, но опубликовал на полгода позже первого. В. Гейзенберг полагал, что в исследовании микромира нам доступны только наблюдаемые величины, а все остальное надо логически и математически выводить из наблюдаемых величин. К наблюдаемым величинам движения электрона в атоме относится частота, а также амплитуда его обращения по орбитам вокруг центральной части атома. В. Гейзенберг создал матричный метод выражения наблюдаемых величин движения электрона в атоме: матрица для частот и матрица для амплитуд. Для этой цели он сам построил математический аппарат, который был уже давно создан в математике. М. Борн скажет в связи с этим, что каким надо быть талантливым невеждой, чтобы самостоятельно создать математический аппарат, который должен быть известен людям, изучающим и физику. В алгебре квадратичных таблиц необычным было умножение:  $(A \cdot B)$  не равно  $(B \cdot A)$ . Когда М. Борн и В. Гейзенберг обратились по этому поводу к великому немецкому математику Д. Гильберту (1862—1943), то получили странный ответ: всякий раз, когда я имел дело с этими квадратичными таблицами, они появлялись всегда как побочный продукт при решении волновых уравнений.

В. Гейзенберг рассматривал электрон как частицу, но как частицу, колеблющуюся, имеющую частоту и амплитуду колебания. Амплитуда (лат. *amplitudo* — величина) — наибольшее отклонение от нулевого значения величины, колеблющейся по определенному закону. О частотах и амплитудах электрона в атоме говорили цвета спектральных линий атома водорода: частота — об энергии квантов, амплитуда — о вероятности испускания, поглощения квантов. Матричный метод позволял количественно описать переходы между состояниями атома. В матричном построении квантовой механики В. Гейзенберга занимает центральное место принцип «соотношение неопределенностей», имеющий следующий физический смысл: невозможно одновременно определить значение координаты и импульса частицы. Этот смысл выражается в формуле:  $\Delta x$

•  $\Delta p > \hbar/2$ , где  $\Delta x \cdot \Delta p$  — неопределенность значений ко-

ординаты  $x$  и неопределенность импульса  $p$  ( $m \cdot v$ ),  $\hbar$  ( $h/2\pi$ ) — постоянная Планка. Это означает, что координата  $x$  и импульс  $p$  не могут одновременно иметь значения, в точности равные  $x$  и  $p$ . Для энергии и времени частицы справедливо соотношение:  $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar/2$ , т. е. определение изменения энергии с точностью  $\Delta E$ , в данный момент должно занять интервал не меньший, чем  $\hbar/\Delta E$ .

**Принцип «соотношение неопределенностей»** является своеобразным водоразделом между классической и квантовой механикой: чем больше масса частицы, тем меньше неопределенность ее координаты и скорости, и, следовательно, более точно можно определить траекторию движения этой частицы:  $\Delta x \cdot \Delta v \geq \hbar/2m$ , где величины  $\Delta v$  и  $m$  получаются в результате замены  $p$ , в формуле  $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar/2$ , на  $mv$ .

В. Гейзенберг опубликовал свой вариант квантовой нерелятивистской механики на полгода позднее Э. Шредингера. Анализ этих вариантов показал, что в них достигаются эквивалентные результаты. Таким образом, к началу 30-х годов XX в. были сформулированы основные положения квантовой нерелятивистской механики, которая потом была дополнена релятивистской механикой, созданной П. Дираком к концу 30-х годов, и наступило время критического осмысления этого явления в физике: проблема объективности знаний в квантовой механике. Создание квантовой механики поставило остро вопрос о возможности создания объективных знаний об объектах микромира и границах его познания. А. Эйнштейн, Б. Подольский, Н. Розен выдвинули принцип, получивший название **ЭПР** (начальные буквы фамилий его авторов): если, не возмущая систему в микромире, можно достоверно предсказать числовое значение физической величины, то существует элемент физической реальности, соответствующий этой физической величине. Принцип ЭПР предполагает возможность измерения параметра микрообъекта без оказания на этот параметр воздействия прибора. Наблюдения показали, что атом представляет систему, в которой поведение и свойства ее элементов определяются свойствами системы в целом. Поэтому воздействие прибора измерения с одним из элементов системы частиц оказывает влияние на изменение величин других элементов этой системы. Взаимодействие прибора измерения с микрочастицами в микромире является, таким образом, неустранимым фактом, обусловленным самой дуалистической природой микромира. Эта проблема имеет

111 философское содержание и остро дискутируется современными учеными и философами.

Обсуждение этой проблемы привело к четкой формулировке **принципов квантовой механики**.

**Принцип дополнительности Н. Бора:** а) объекты микромира нельзя рассматривать по принципу «или-или» (либо частица, либо волна), так как микрообъекты микромира являются тем и другим одновременно; б) описания объекта как волны или как частицы являются не противоречащими, взаимоисключающими, а взаимодополняющими.

**Принцип швейцарского физика В. Паули** (1900—1958) сформулирован в 1925 г.: две (или более) частицы с полуцелым спином не могут быть тождественными по своим физическим параметрам в квантовой системе. Этот принцип распространяется только на частицы с полуцелым спином.

**Принцип неопределенностей или соотношение «неопределенностей» немецкого физика В. Гейзенберга** сформулирован в 1926 г.: в квантовой системе принципиально невозможно одновременно измерить место положения частицы и ее импульс.

**Принцип соответствия.** Он сформулирован Н. Бором в 1923 г.: новая общая теория, являющаяся развитием классической, не отвергает ее полностью, а включает в себя классическую теорию, указывая границы ее применения, т. е. в Лихин А. Ф. Концепции современного естествознания : учеб. — ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. - 264 с.



определенных случаях новая теория переходит в старую.

Таким образом, в квантовой механике была доказана корпускулярно-волновая природа объектов микромира: частицы суть волны и волны суть частицы. Обобщение этого утверждения было названо **корпускулярно-волновым дуализмом** (лат. *duo* — два). Физическая интерпретация этого дуализма заключается в том, что интенсивность сопоставляемой частице волны в любой заданной точке в квантовой системе оказывается пропорциональной вероятности найти частицу в этой точке.

### 3.2.4. Современная квантовая теория

Кратко о событиях в физике, которые способствовали развитию квантовой теории как нового этапа развития квантовой механики.

Первой частицей, с которой началось создание квантовой механики, был электрон. Но уже к 1908 г. стали говорить о **фотоне**. На современном уровне фотон — это кванты электромагнитного

112 поля. Он не имеет массы покоя, нет системы отсчета, в которой он находится в покое, т. е. не движущегося фотона не существует. Он движется со скоростью света. Фотоны излучаются атомами, ядрами атомов, при распадах некоторых частиц, торможении и ускорении заряженных частиц, а также в процессах аннигиляции, т. е. взаимодействия частиц со своими античастицами. Фотоны различаются по свойственной им длине электронно-магнитной волны. В 1910—1912 гг. было обнаружено **космическое излучение**. Поднятый на высоту 4,5—5,2 км электроскоп на воздушном шаре разряжался с одинаковой скоростью днем и ночью. Сегодня известно, что космические лучи состоят в основном из потока протонов (90%), ядер гелия (7%) и ядер более тяжелых химических элементов. Они идут из глубин Вселенной и от Солнца, среди космических частиц имеются частицы с очень высокой энергией (до  $10^{21}$  эВ). Физики утверждают, что человеческое тело ежесекундно «пронизывают» приблизительно 20 000 частиц, которые свободно проходят через магнитную сферу Земли и ее атмосферу.

Важным событием было открытие в 1932 г. **позитрона** ( $e^+$ ), античастицы электрона. Американский физик К. Д. Андерсон (р. 1905) на фотографии космических лучей обнаружил трек, след частицы, аналогичной электрону, но с положительным зарядом и спином, равным  $1/2$ . К. А. Андерсон открыл позитрон случайно. Но до этого времени уже существовало теоретическое предсказание этой частицы. В 1928 г. П. Дирак создал релятивистское уравнение для электрона, которое учитывало принципы релятивистской механики. Описание физических явлений, происходящих в системе частиц (например, электрон-фотон с релятивистско-полевой точки зрения) осуществляется с помощью записи определенной функции (лагранжиан системы). **Лагранжиан** — это функция, которая определяет форму уравнения движения частиц в системе полевого пространства. В уравнении П. Дирака получалось четыре решения: два решения с положительной энергией ( $+E, +1/2$ ), ( $+E, -1/2$ ) и два других решения, которые давали нечто невразумительное: ( $-E, +1/2$ ) и ( $-E, -1/2$ ). В первых решениях речь шла о положительной энергии. В двух других — об отрицательной энергии для античастицы электрона. Энергия в релятивистской механике пропорциональна массе ( $E = mc^2$ ). Следовательно, отрицательной энергии соответствует отрицательная масса ( $-m$ ). П. Дирак построил «теорию дырок». В этой теории состояние с отрицательной энергией и отрицательным зарядом трактовалось

113 лось как дырочное состояние с положительной массой, энергией и зарядом. Эта теория утверждала, что в физическом мире частицам соответствуют античастицы.

Открытие позитрона вызвало оживленную дискуссию о возможном существовании **антивещества и антимиров**. Античастицы — это двойники обычных частиц, из которых состоит наш мир. Они различаются только противоположным зарядом и направлением спина у частиц, не имеющих заряда

типа нейтрона. Известен принцип зарядового сопряжения: замена частиц на античастицы не изменяет сильного и электромагнитного взаимодействия, но изменяет слабое взаимодействие. Это означает, что возможен мир с веществом из античастиц и соответствующими силами физического взаимодействия.

Большую роль в развитии квантовой теории сыграло открытие **нейтрона** и доказательство существования **протона**.

Нейтрон был открыт в 1932 г. в результате облучения альфа-частицами пластинки из бериллия. Это не имеющая заряда частица. По массе нейтрон больше массы протона приблизительно на 2,5 массы электрона.

**Нейтрон** является нестабильной частицей. Внутри ядра нейтрон распадается на протон, электрон и электронное антинейтрино-

но:  $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$ (антинейтрино). Распад нейтрона в ядре атома объясняется, как потом было установлено, физической природой бета-излучения ( $\beta$ ) как потока электронов с высокой энергией. В ядре атома нет электронов, но распад нейтронов в ядре приводит к возникновению электронов с энергией значительно более высокой, чем энергия электронов на орбите атома.

Вне ядра атома нейтрон также является нестабильным: распадается на протон, электрон и нейтрино, приблизительно за 12—16 мин. Отсутствие заряда нейтрона объясняет его легкую способность проникать в ядра атомов. На ядрах нейтрон может рассеиваться или захватываться ими. Различают быстрые и медленные (тепловые) нейтроны, энергия первых — от 0,1 до 50 МэВ, вторых — от 0,025 до 0,5 эВ. В природе есть естественные замедлители скорости движения нейтрона (графит, тяжелая вода). Медленные (тепловые) нейтроны захватываются ядрами и создают избыток нейтронов в ядре, что ведет к распаду ядра на две равные половины (осколки, фрагменты). Этот процесс называется **ядерным делением**. При этом высвобождаются нейтроны, которые при взаимодействии с осколками и фрагментами ядра вызывают **цепную реакцию**

114 деления ядер как продуктов первичного распада. Если эти осколки или фрагменты не оказываются ядрами стабильных химических элементов, процесс ядерного деления высвобождает огромную энергию. Например, при делении 1 г урана-238 выделяется энергия 22 000 кВт/ч.

Эта способность нейтронов используется при производстве электроэнергии и тепла на атомных станциях. **Первая атомная станция в мире была построена в СССР в 1954 г., затем в Великобритании — в 1956 г.**

Нейтронное излучение губительно для всего живого. Попадая свободно в ткани организма, нейтроны вызывают разрушение ядер атомов химических элементов, из которых он состоит. Способность нейтронов проникать глубоко в ядра атомов химических элементов используется в создании новых методов «просвечивания» вещества. **Нейтроннография**, как и рентгеноскопия, позволяет на основе «рассеивания» нейтронов в веществе увидеть расположение атомов кристаллов: длина дебройлевской волны нейтрона существенно меньше длины волны рентгеновского излучения.

К 30-м годам XX в. было доказано существование **протона**. В переводе с греческого означает первый. Существование его было подтверждено в результате проведения искусственной ядерной реакции превращения азота в кислород. Атомы азота облучались ядрами гелия, т. е. альфа-частицами. В результате получался кислород и протон.

Масса покоя протона —  $1,6726485 \cdot 10^{-27}$  кг. Это стабильная частица. В 50-х годах XX в. было доказано существование антипротона и антинейтрона.

### 3.2.5. Открытие протона и нейтрона привело к созданию протонно-нейтронной модели атома

Эту модель предложили в 1932 г. советские физики Д. Иваненко, Е. Гапон и немецкий физик В. Гейзенберг. Согласно этой модели ядро атома состоит из протонов и нейтронов, за исключением ядра водорода, которое состоит из одного

протона.

В этой модели было непонятно, каким образом достигается физическое единство атома на уровне его ядра и электронных оболочек: в ядре на чрезвычайно малом расстоянии находятся одинаково заряженные протоны, которые должны взаимно отталкиваться друг от друга, но этого не наблюдается. Следовательно, этому процессу отталкивания должна препятствовать сила притяжения

115

между протонами, поскольку протоны имеют массу, но масса их чрезвычайно мала. Предлагалось множество моделей физического единства атома, среди которых особенно привлекательной оказалась **модель японского физика Юкава** (1907—1961), которая была предложена им все в том же 1932 г. Но прежде чем рассматривать эту модель, раскроем физическую суть протонно-нейтронной модели атома.

**Строение атома, искусственная и естественная радиация.** Все материальные тела состоят из химических элементов. Химический элемент — это простое вещество, состоящее из одного и того же вида атомов. Современной науке известно более ста химических элементов, некоторые химические элементы созданы самим человеком. Атом химического элемента можно представить как сферическую пульсирующую каплю концентрации энергии. Размеры атома — приблизительно  $10^{-8}$  см. Атом состоит из ядра размером в  $10^{-13}$  см и вращающихся вокруг него электронов (или одного электрона в случае атома водорода). Между ядром атома и границей атома находится огромное пространство по масштабам в микромире. Ядра атомов состоят из положительно заряженных протонов и нейтральных нейтронов. Плотность в ядре атома огромна, приблизительно  $150 \cdot 10^6$  т/см<sup>3</sup>.

**Заряд ядра** определяется количеством в нем протонов и обозначается символом  $Z$ . Вся масса атома заключена в массе его ядра и определяется массой входящих в ядро протонов и нейтронов, поскольку масса электрона ничтожно мала по сравнению с массами протона и нейтрона. Порядковый номер в химической таблице Менделеева соответствует заряду атома данного химического элемента. Массовое число атома  $A$  равно массе нейтронов и протонов в ядре:  $A = Z + N$ , где  $Z$  — количество протонов,  $N$  — количество нейтронов. В символической записи  ${}^A_Z X$  или  ${}_Z X^A$  указывается заряд и массовое число химического элемента  $X$ . Например,  ${}^{238}_{92}\text{Ug}$  — указывает, что уран-238 имеет в ядре 92 протона и 146 нейтронов ( $238 - 92 = 146$ ). Химические элементы с массовым числом  $A > 50$  называются легкими, а с  $A > 50$  — тяжелыми.

Поскольку размеры атомов всех химических элементов достаточно близки, то в ядрах тяжелых элементов довольно «тесновато», т. е. создаются энергетические предпосылки для естественного их радиоактивного распада. Атомы одного и того же химического элемента, имеющие одинаковое количество протонов, но разное количество нейтронов, называются изотопами:  ${}^1_1\text{H}$  (водород-протий) —

116

один протон, нейтронов нет,  ${}^2_1\text{H}$  (дейтерий) — один протон и один нейтрон,  ${}^3_1\text{H}$  (тритий) — один протон, нейтронов два. К настоящему времени известно около 1500 ядер, из них лишь 265 являются стабильными.

**Радиоактивностью называется самопроизвольное или искусственное (сознательное воздействие на ядра атомов) превращение ядер одних химических элементов в ядра других химических элементов.**

Естественная и искусственная радиоактивность сопровождается, но не обязательно, тремя видами излучения: альфа-излучение, бета-излучение и гамма-излучение; последнее не является, строго говоря, самостоятельным видом излучения и всегда присутствует при альфа- и бета-излучениях. Искусственная радиация, позитронное бета-излучение, аннигиляция, распад частиц были открыты французскими физиками Ф. Жолио-Кюри (1900—1958) и И. Жолио-Кюри (1897—1956). Законы как естественного, так и искусственного распада ядер атомов одинаковы. Если взять, например, 1 кг урана-235, в котором содержится  $n$

количество атомов, то за определенный период времени сначала распадается половина ядер, затем эта половина ядер распадается еще на половину до тех пор, пока не появится некоторый стабильный химический элемент. Период времени, за который распадается половина ядер радиоактивного химического элемента, называется периодом полураспада. **Период полураспада у известных сегодня радиоактивных элементов колеблется от  $3 \cdot 10^{-7}$  с до  $5 \cdot 10^{12}$  лет.**

Например, уран-238 имеет 12 этапов превращения в другие химические элементы, которые имеют свои периоды полураспада и соответствующие альфа- и бета-излучения. Период полураспада урана-238 оценивается в 4,47 млрд лет. В конечном итоге распад урана-238 заканчивается появлением стабильного химического элемента (свинец-206). Зная, какое количество урана-238 необходимо для появления определенного количества свинца-206, можно вычислить возраст Земли, отталкиваясь от количества содержания свинца-206 в земных породах.

Наряду с реакцией ядерного деления существует **реакция ядерного синтеза**: не деление ядер, а сближение, соединение ядер. Реакция синтеза ядер существует реально внутри звезд (например, она происходит во внутренних слоях нашего Солнца). Внутри Солнца температура достигает 15 млн градусов Цельсия. При такой температуре ядра теряют электроны, образуется агрегатное состояние, которое называется плазмой. Поскольку ядра имеют положитель-

ный заряд, то при их сближении электростатическая сила их отталкивания резко увеличивается. Для того чтобы преодолеть этот барьер, необходима большая скорость движения ядер. При очень высоких температурах ядра теряют свои электроны. **Плазма**, с учетом бесконечного количества наблюдаемых звезд, является самым типичным агрегатным состоянием во Вселенной.

Искусственное создание плазмы в земных условиях является важнейшей энергетической проблемой для человечества. Для этого строятся различного типа установки для получения и удержания плазмы. Получение плазмы сегодня возможно, однако проблема ее удержания, «отбора» ее энергии для практических нужд (производства электроэнергии) остается пока сложной технической проблемой. Наша страна занимает одно из ведущих мест в разработке этой проблемы. Создание плазмы на основе синтеза легких химических элементов (водородоподобных атомов) позволило бы обеспечивать человечество практически неиссякаемым энергетическим ресурсом (водород — самый распространенный химический элемент во Вселенной). Например, синтез дейтерия  ${}^2_1\text{H}$  и трития  ${}^3_1\text{H}$  дал бы огромное количество энергии.

Реакторы на плазме, как утверждают специалисты, являются намного безопаснее современных, которых сегодня в мире приблизительно 600 (промышленные ядерные реакторы для производства электричества и тепла). Сегодня проводятся исследования по созданию «ядерных котлов», в которых реакция ядерного деления создает температурные условия для реакции ядерного синтеза. По мнению специалистов, в нашей стране эти исследования близки к практическим применениям.

### 3.2.6. Что объяснила протонно-нейтронная модель атома

1. **Альфа-излучение**, как поток ядер гелия (He), состоящих из двух протонов и двух нейтронов, происходит из ядер атомов. В ядре есть протоны и нейтроны, которые в силу энергетических условий как бы слипаются в ядра гелия и просачиваются из ядра. Ядро, как и атом, не имеет перегородок и стенок. Силы, удерживающие протоны и нейтроны в ядре, значительно больше сил, которые вытесняют альфа-частицы (ядра гелия) из ядра. Ученые объясняют это явление «туннельным эффектом», т. е. волновой природой альфа-излучения.

2. **Бета-излучение** существует двух видов: **бета-электронное и бета-позитронное**. Первое возникает в результате распада в ядре

нейтрона на протон, электрон и электронное антинейтрино, второе — в результате распада высокоэнергетических протонов на нейтрон, позитрон и электронное нейтрино. По массе протон меньше нейтрона, но в ядре возникают протоны с дополнительной энергией-массой от воздействия с другими частицами ядра.

3. **Гамма-излучение** или поток гамма-квантов электромагнитного излучения, возникает при переходе ядра атома на энергетические уровни своего возбужденного состояния. Кванты света и гаммакванты имеют одну и ту же электромагнитную природу: фотоны возникают при возбужденном **атоме в целом** (переход электрона на разные энергетические уровни), фотоны гамма-излучения — при переходе **ядра атома** с одних энергетических уровней на другие. Энергия гамма-квантов в сотни тысячи раз превосходит энергию фотонов (квантов света), возникающих вне ядра атома.

4. Эта модель стала теоретической основой для объяснения физико-химических процессов, происходящих внутри звезд. **В 1938 г. была предложена модель углеродно-азотного цикла внутри-звездного источника энергии.** Эта модель предложена Х. Бете (р. 1906) — ученый немецкого происхождения, работавший в основном в США. В этой модели присутствовала необычная частица **нейтрино**, уменьшительное от слова нейтрон. Нейтрино ( $\nu$ ) стабильная частица, не имеющая энергетического заряда, с нулевой массой и спином —  $1/2$ . Она слабо взаимодействует с веществом, беспрепятственно проходя через ядра его атомов. Нейтрино было теоретически предсказано В. Паули в 1933 г. Согласно В. Паули, при осуществлении двух видов бета-распада не должны нарушаться законы сохранения энергии, импульса и электрического заряда. Это означает, что при распаде нейтрона в атоме на протон и электрон присутствует еще одна частица, которую назвали нейтрино:  $n \rightarrow p^+ + e^-$  (еще одна частица). До 1955 г. нейтрино являлось ненаблюдаемой частицей. Нейтрино имеет античастицу, в которой направление ее спина совпадает с направлением движения самой частицы. Нейтрино не участвует в сильных ядерных взаимодействиях, но возникает внутри ядра, и существование нейтрино объясняет многие вопросы слабого взаимодействия между частицами. Современная астрофизика подтвердила правильность протонно-нейтронной модели атома: наблюдаемые звезды, включая Солнце, представляют собой раскаленные устойчивые газообразные «шары». Их существование поддерживается медленным превращением (сгоранием) водорода в гелий в результате цикла реакций

119

ядерного деления и синтеза, который называется углеродным или **углеродно-азото-кислородным циклом.**

### 3.2.7. Модели объяснения сил физического взаимодействия в атоме

В первой половине прошлого века не было известно, что протон и нейтрон имеют сложные строения. Первоначально речь шла о попытках объяснить устойчивость и целостность атома на основе силы тяготения и электромагнитной силы. Физик Э. Ферми (1901—1954) сформулировал гипотезу, по которой устойчивость ядер обеспечивается обменом между протонами и нейтронами двумя частицами: электроном и нейтрино. Вычисления энергии массы этих частиц показали, что электрон при этом взаимодействии должен иметь массу, в 200—300 раз превышающую массу обычного электрона. При такой массе электрона размер ядра атома также должен увеличиться в 200—300 раз в сравнении с действительным. Длина дебройлевской волны такого электрона превышает в 200—300 раз длину соответствующей волны обычного электрона.

Другая модель предлагала рассматривать протон и нейтрон как состояние одной и той же частицы, различающиеся направлением их спинов. Но энергия-масса этих частиц различается, хотя и несущественно, следовательно, возникает вопрос о том, куда она девается внутри ядра атома. **В 1935 г. японский физик Х. Юкава предложил неожиданное решение этой проблемы: протоны и**

**нейтроны удерживаются в ядре в результате обмена некоей средней частицей.** Впоследствии эту частицу назвали **мезоном** (греч. *mesoc* — средний). Вычисления этой частицы показали, что она должна быть по массе в 200 раз больше электрона и иметь три разновидности: положительный, отрицательный и нейтральный мезон. Кроме того, длина его дебройлевской волны не должна выходить за пределы размеров ядра атома.

Из предложения Х. Юкава следовало, что сильное взаимодействие внутри ядра обеспечивает обмен частиц, имеющих среднюю величину между массами протона и нейтрона, а не гравитационные, электромагнитные и слабые силы взаимодействия. Необычность этой гипотезы состоит в том, что, например, протон, отдавая часть своей энергии-массы в форме массы соответствующего мезона, образует частицу с большей массой, нейтрон. Х. Юкава высказал мнение, что мезон не является стабильной частицей, а может распадаться на другие частицы.

120

Гипотеза Х. Юкава оказалась прозорливой: в 1937 г. были открыты частицы, совпадающие по своим физическим свойствам с гипотетическим мезоном Х. Юкава. Когда были открыты другие разновидности мезонов (средних частиц), частицу Х. Юкава назвали **мюоном**, тяжелый эквивалент электрона: заряд его отрицательный, как у электрона, масса в 200 раз больше, чем у электрона. В 1940 г. было доказано, что мезоны не являются стабильными частицами. Со второй половины XX в. физики открыли более 300 частиц различных видов. Часть из них была обнаружена в космических лучах, другая — в экспериментах. Например, в 1964 г. были обнаружены так называемые **странные частицы**, имеющие три странности, отличающие их от других известных частиц:

— обнаружены в космических лучах, и время их жизни является достаточно продолжительным (время, за которое они распадаются, составляет  $10^{-8}$ - $10^{-10}$  с);

— возникают в сильных ядерных взаимодействиях, но не играют в них значительной роли;

— рождаются тройками и парами.

Частицы, которые могут распадаться за счет сильного взаимодействия, называются **резонансными частицами**. Время их жизни порядка  $10^{-23}$  с. Резонансы (лат. *resonans* — дающий отклик) относятся к адронам. **Виртуальными** частицами называются частицы, возникающие в промежуточных состояниях, время их существования связано с их энергией соотношением неопределенностей. Иначе говоря, они обеспечивают взаимодействие между частицами внутри ядра и атома.

Большое количество частиц потребовало создания системы критериев и принципов их классификации. **На основе протонно-нейтронной модели атома все известные частицы и соответствующие им античастицы разделили на три группы.**

Первая группа называется **фотонной**. Она представлена фотонами-квантами электромагнитного взаимодействия. К этой группе относят и гипотетическую частицу гравитон, обеспечивающую гравитационные взаимодействия.

**Вторая группа — лептоны** (греч. *leptos* — легкий). Эти частицы участвуют в электромагнитных и слабых взаимодействиях. К лептонам относятся электрон, мюон, тау-частица и нейтрино (электронное, мюонное и таонное). Термин «лептон» употребляется по принятой традиции. Например, таон не является легким, поскольку его масса в 3500 раз больше массы электрона.

121

**Третья группа включает адроны** (греч. *hadros* — сильный, крупный). Эта группа является основной группой всех известных частиц. Частицы, которые включаются в эту группу, участвуют в сильных, слабых и электромагнитных взаимодействиях. К третьей группе относят также мезоны (пионы, каоны, эта-мезоны) и барионы (гипероны, нуклоны). **Барионы** (греч. *barus* — тяжелый) — это частицы с полуцелым спином и массой не меньше протона. К ним относятся нуклоны, гипероны и многие частицы-резонансы. Заряд бариона равен +1, заряд

антибариона равен -1. Алгебраическая сумма зарядов барионов при их взаимодействиях сохраняется. Существуют барионы, масса которых в несколько раз превышает массу протона. Они открыты в космических лучах и на ускорителях.

Появление в 1963 г. теории кварков открыло еще один уровень в понимании процессов и событий, происходящих в микромире.

Два американских физика М. Гелл-Ман и Д. Цвейг выдвинули независимо друг от друга гипотезу о существовании сверхэлементарных частиц, из которых состоят протоны, нейтроны и другие адроны, а также, возможно, и лептоны.

Для обозначения этих частиц Гелл-Ман придумал название **«кварк»**, которое он заимствовал из фразы «три кварка для мистера Марка» из романа Дж. Джойса «Поминки по Финнегану». Д. Цвейг использовал другой термин, но термин «кварк» оказался более удачным, с ним стали сочетаться и другие необычные для языка физики термины, придуманные авторами этой теории: аромат кварка и другие. Эти необычные термины обозначают физические свойства кварков, которые можно было обозначить традиционными способами.

Развитие этой теории опиралось на косвенные эмпирические доказательства существования кварков. Электрон приблизительно в 1870 раз по своему размеру меньше протона, физические параметры этих частиц хорошо изучены (заряд, спин и другие), если направить луч-поток электронов с энергией, достаточной для того, чтобы они отскакивали от протона, то по величине скорости отскакивания от протона электронов можно говорить о строении протона. **Оказалось, что протон состоит из частей, радиус которых в 10 раз меньше радиуса протона.** Поскольку протон и нейтрон участвуют в сильном взаимодействии, то предположили, что все частицы, участвующие в сильном взаимодействии, имеют составную структуру. Расчеты показывали, что кварки должны иметь полуце-  
122

лый спин. Это означает, что на их расположение в соответствующих частицах распространяется принцип Паули: в частице из кварков не может быть тождественных по физическим параметрам кварков.

Расширение числа кварков было обусловлено открытием большого количества частиц, участвующих в сильном взаимодействии. Первоначально была выдвинута идея о существовании трех кварков, затем советские физики ввели цвета для кварков (синий, зеленый, красный).

**Принцип зарядовой симметрии** (каждой частице соответствует античастица) потребовал **введения антикварков для каждого кварка. Цвет кварков** — это физический параметр, позволяющий различать кварки, совпадающие по остальным физическим параметрам. Иначе говоря, этого требует принцип Паули, поскольку кварки имеют полуцелый **изотопический спин**. Слово «изотопический» заимствовано из греческого языка: «изо» означает равный, «топос» — место. Изотопический спин означает спин, относящийся к одной и той же группе частиц.

**Аромат кварка** — это тип или вид кварка и все его параметры, не зависящие от его цвета. Например, в 1974 г. был открыт мезон, получивший название **джи-пси**. Оказалось, что структура его подобна строению атома водорода (протон — вращающийся электрон), только для объяснения этой структуры пришлось ввести новый кварк, названный кварком очарования: строение мезона джи-пси объясняется наличием в нем кварка-очарования, вокруг которого вращается его антикварк. Антикварки обозначаются теми же символами кварков с черточкой наверху.

**В конце XX в. возникла идея о существовании шести кварков** (верхнего, нижнего, странного, очарованного, истинного, прелестного). Каждый имеет три цвета: красный, синий, зеленый.

Кварки обозначаются первыми буквами английских слов, например: *u* (от англ. *up* — верхний), *d* (*down* — нижний) и т. д. Каждый кварк имеет три цвета (например, верхний красный, верхний синий, верхний зеленый).

Согласно теории кварков протон, например, состоит из двух верхних кварков (*u*) и одного нижнего (*d*), а **нейтрон** — из двух нижних и одного верхнего:  $p = uud$ ,  $n = ddu$ . При этом частица из кварков должна удовлетворять законам, действующим в микромире. Вокруг гипотезы о существовании кварков возникла острая дискуссия: 1) какие силы удерживали кварки в адронах (мезоны, ну-

123  
клоны и некоторые другие)? 2) не являются ли они уже известными силами? 3) не существуют ли еще более глубокие частицы, которые обеспечивают взаимодействие между кварками? 4) не являются лептоны, претендующие на самые элементарные частицы, производными от каких-то еще более глубоких частиц, на уровне вакуума? 5) какое из энергетических состояний вакуума представляют кварки? На роль частиц, связывающих кварки внутри адронов, были предложены глюоны. По мнению ряда физиков, глюоны, подобно фотонам в электромагнитном поле атома, связывают кварки внутри адронов, но сила глюонного **взаимодействия** принципиально отличается от известных сил взаимодействия: глюонные силы увеличиваются к границам адронов и ослабляют свое действие к центру адронов. В связи с этим часто говорят о кварковой тюрьме: чем ближе к центру энергии-массы адрона, тем ярче проявляются физические черты и индивидуальности, присутствующих в адроне кварков, и наоборот, чем ближе к границам адрона, тем расплывчатее становится индивидуальность кварков, они становятся неразличимыми. Этим обстоятельством многие физики объясняют невозможность выделить кварки непосредственным образом как электроны, фотоны и другие обнаруженные частицы. Для их обнаружения необходима огромная энергия, которая позволила бы разрушить глюонные силы. Если глюоны, как переносчики связи между кварками, существуют, то в соответствии с принципом зарядовой симметрии должны быть антиглюоны и нейтральные глюоны.

В конце XX в. пакистанский физик А. Салам и английский физик **Д. Пати** выдвинули «крамольную» идею о том, что и лептоны, которых шесть, не являются в буквальном смысле истинно-элементарными, а являются всего лишь четвертым цветным состоянием кварков. Главная идея этой теории выглядит достаточно правдоподобной. Любую частицу (как корпускулу или волну) нельзя отделить от энергетической, структурной среды, в которой она возникает. Поэтому каждая частица возникает как своеобразный центр концентрации энергии на общем фоне среды своего существования. Теория Салама — Пати предполагает, что каждый лептон является концентрацией частиц еще более глубокого уровня, передающего взаимодействие на уровне физического вакуума.

На роль этих частиц могут претендовать **хиггсоны**, названные в честь английского физика П. Хиггсона, который является одним из первых среди физиков, заинтересовавшихся состоянием самого

124  
глубокого вакуума. В вакууме Хиггсона фундаментальными частицами самого первого поколения являются хиггсоны.

**Для объяснения природы вещества, физических полей, излучения и вакуума используется в настоящее время систематизация частиц на основе значения их изотопического спина.**

**К** первой группе относят частицы с полуцелым спином. Их назвали **ферми-частицами** в честь выдающегося итальянского физика Э. Ферми (1901 — 1954). К ним относят кварки, из которых состоят частицы, участвующие в сильном взаимодействии (адроны), а также лептоны, которые нельзя собрать из кварков.

Ферми-частицы образуют вещество, состоящее из атомов.

Ко второй группе относят частицы с целым значением их спина. Это кванты полей, соответствующие известным физическим силам. Так квант электромагнитного поля привязывает электрон к ядру атома. К этой группе относят бозоны. Они названы в честь известного индийского физика Ш. Бозе (1894—1974). Бозоны представляют собой физическое поле сильного и слабого взаимодействий внутри ядра атома. **Глюоны — это кванты глюонного поля,**



«склеивающего» кварки в адроны. Сложнее обстоит дело с представителями гравитации и квантового вакуума как исходного физического состояния в эволюции Вселенной: **фотон и глюон** — это лишенные массы покоя частицы, следовательно, должен быть гравитон как квант поля тяготения, а также кванты исходного вакуума, на которые претендуют **хиггсоны** и **бозе-частицы** со спином, равным нулю. Некоторые авторы утверждают, что если гравитон — лишенная массы покоя частица, то соответствующий ему фермионный партнер **гравитино** должен весить в 100 раз больше протона. Если **гравитино** обнаружат, то это будет доказательством правильности идеи **суперсимметрии**, лежащей в основе современного представления о строении материального мира.

В конце прошлого столетия рассматривались теории, в которых частицы понимались, грубо говоря, не как точки, а как протяженные структуры, струны. Отсюда происходит название этих теорий — «**струнные теории**». В этих теориях сложным образом происходит соединение математики и физики<sup>1</sup>.

**Проблема единого физического поля.** Современная квантовая теория связывает возникновение атомов и известных сил физического взаимодействия с неким физическим состоянием в эволю-

<sup>1</sup> Природа. М., 1990. С. 13-22.

125

ции Вселенной, когда не было различия между физическими полями и силами. Для уточнения этого состояния часто используются так называемые **планковские масштабы** (расстояние, время, плотность, температура, масса и объем) в качестве самого минимального процесса осуществления кванта-энергии в природе (эра Планка). Для уточнения эры Планка предполагается, что такие физические постоянные, как скорость света, постоянная Планка и гравитационная постоянная, не меняли своего значения со временем:  $c = 300$  тыс. км/с,  $\hbar \approx 1,05 \cdot 10^{-27}$  г · см<sup>2</sup>/с,  $G \approx 6,7 \cdot 10^{-8}$  см<sup>3</sup>/(г · с<sup>2</sup>). Расстояние, длина Планка ( $R_{\text{Планка}}$ ) — это минимальное расстояние действия кванта энергии. Оно равно приблизительно  $10^{-33}$  см ( $R_{\text{Планка}} = \sqrt{\hbar c / G}$ ); Масса Планка ( $M_{\text{Планка}}$ ) имеет энергетический эквивалент, равный  $10^{19}$  ГэВ/с<sup>2</sup>. Масса Планка —  $10^{-5}$  г ( $M_{\text{Планка}} = \sqrt{\hbar c / G}$ ). Время Планка ( $t_{\text{Планка}}$ ) определяется по фор-

муле:  $t_{\text{Планка}} = \frac{R_{\text{Планка}}}{c} = 10^{-43}$  с. Плотность Планка ( $\rho_{\text{Планка}}$ ) вычисляется по

формуле:  $\frac{\text{масса Планка}}{4/3 \pi (R_{\text{Планка}})^3} \approx \frac{10^{-5}}{(10^{-33})^3} \approx 10^{94}$  г/см<sup>3</sup>. Объем

Планка примерно равен длине Планка в кубе, т. е.  $10^{-99}$  см<sup>3</sup>. Площадь кванта пространства примерно равна длине Планка в квадрате, т. е.  $10^{-66}$  см<sup>2</sup>. Планковские величины (длина, время, масса, плотность) позволяют вычислить температуру Планка, соответствующую величинам Планка. Эта температура равна  $10^{32}$  К. Масштабы Планка соответствуют параметрам, состоянию Вселенной 12 млрд лет тому назад по одной из моделей эволюции Вселенной, о чем речь пойдет в следующей теме.

По мнению некоторых ученых, об объединении всех сил взаимодействия можно говорить в следующих масштабах:

1. На расстоянии  $10^{-16}$  см и энергетическом уровне в 100 ГэВ (100 млрд эВ) идет объединение электромагнитного и слабого взаимодействия. Это было экспериментально доказано.

2. На расстоянии  $10^{-29}$  см и энергетическом уровне в  $10^{15}$  ГэВ достигается объединение трех видов взаимодействия (сильного, слабого и электромагнитного). Это состояние называют Великим объединением.

3. На расстоянии  $10^{-33}$  см и энергетическом уровне в  $10^{19}$  ГэВ можно говорить о состоянии Вселенной, когда все силы взаимодействия, включая гравитацию, и глюонные силы не были дифференцированы. Этот уровень соответствует хиггсонам, представ-

126

ляющим физический вакуум, и называется **суперобъединением**. Сегодня

техника позволяет достигать температуры нескольких миллионов градусов (например, лазеры) и энергии приблизительно  $2 \cdot 10^4$  ГэВ.

**Таблица 1. Таблица единиц величин размеров**

Макрообъекты	Микрообъекты
Дека- $10$	Деци - $10^{-1}$ м
Гекто - $10^2$	Сантиметры — $10^{-2}$ м
Кило - $10^3$	Милли — $10^{-3}$ м
Мега - $10^6$	Микро — $10^{-6}$ м
Гига - $10^9$	Нано — $10^{-9}$ м
Тера- $10^{12}$	Пико - $10^{-12}$ м
Пета - $10^{15}$	Фемто — $10^{-15}$ м
Экса- $10^{18}$	Атто — $10^{-18}$ м

Некоторые понятия, которые используются для объяснения вопросов о строении вещества. Формула  $E = mc^2$  позволяет выразить массу в единицах измерения энергии и скорости света:  $m = E/c^2$ . Энергия измеряется в джоулях, эргах и электрон-вольтах (эВ). 1 эВ — это энергия, которую приобретает электрон в электрическом поле, созданном разностью потенциалов в 1 вольт. Один эрг (1 эрг) равен  $10^{-7}$  Дж. Один джоуль (1 Дж) равен приблизительно  $6,24 \cdot 10^{18}$  эВ.

Формула Больцмана  $E = kK$  ( $k$  — постоянная Больцмана, равная  $1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К,  $K$  — температура тела по шкале Кельвина) позволяет выразить температуру через энергию.

В настоящее время имеется теория петлевой гравитации. В ней согласуются принципы теории относительности и квантовой механики (величины Планка). Согласно этой теории пространство и время, воспринимаемые нами как непрерывные, на самом деле состоят из дискретных частиц пространства и времени<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> В мире науки. 2004. № 4. С. 48.

## ВЫВОДЫ

1. Квантовая механика не отрицает наличия в мире детерминированных и обратимых событий, поскольку уравнение Шредингера позволяет вычислить вероятность определенного значения физической величины и среднее значение физических величин.

2. В решении проблемы классификации частиц используются две известные статистики (Ферми - Дирака и Бозе - Эйнштейна). В первой - фермионы представляют частицы вещества с полуцелым спином, во второй - бозоны представляют кванты полей и имеют целочисленное значение спина.

3. Кварки наряду с электрическим зарядом имеют цветовой заряд. Это способность кварков участвовать в образовании частиц сильного физического взаимодействия (смешение цветов кварков делает образованные из них частицы обычными, бесцветными).

4. Не ясно, сколько существует поколений частиц (например, к первому поколению иногда относят электрон, электронное нейтрино и два кварка (верхний и нижний)).

5. Из квантовой теории следует существование антивещества, состоящего из античастиц протонов, нейтронов и позитронов. В связи с этим возникает вопрос, почему наш мир состоит из вещества. Интерес к этому вопросу стал актуальным с развитием современной космологии, созданием моделей эволюции Вселенной.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ

1. Какие физические силы взаимодействия известны естествознанию?
2. На каких расстояниях действуют силы сильного взаимодействия?
3. Что утверждает теория кварков?
4. О каких величинах речь идет в гипотезе о существовании эры Планка?
5. Антивещество в современном естествознании.

## Глава 3.3. СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ

*Основные понятия: классические, неклассические и постнеклассические концепции происхождения Вселенной*

В современных концепциях Вселенной часто используются два необычных термина «скрытая масса» и «темная материя, или энергия». «Скрытая масса»

галактик или скопления галактик означает не наблюдаемую массу объектов, масса которых влияет на наблюдаемое движение галактики или галактик.

«Темная материя или энергия» — это огромная энергия вакуума, из которого, как полагают некоторые исследователи, когда-то возникла Вселенная.

### 3.3.1. Модели и концепции происхождения Вселенной

Существующие модели и концепции происхождения Вселенной можно разделить на три группы: концепции классической науки, концепции как космологические следствия теории относительности и концепции, основанные на принципах **синергетики** (*synergetika*) в качестве ведущего направления развития постнеклассической науки. Немецкий физик Г. Хакен (р. 1927), основатель института Синергетики в Штутгарте (Германия), предложил синергетику в качестве главного направления развития постнеклассической науки. Синергетика в буквальном переводе с греческого языка означает совместные действия. **Основные принципы синергетики** сформулированы Г. Хакеном следующим образом:

1. Существуют общие законы развития сложных систем во времени.
2. Все самоорганизующиеся системы являются открытыми системами.
3. Между составляющими их элементами господствуют связи нелинейного, неравновесного и необратимого во времени характера.
4. Все самоорганизующиеся и развивающиеся системы приходят со временем к неустойчивому состоянию.
5. Выход систем, о которых говорилось выше, из неустойчивого состояния происходит случайным образом, не нарушая универсальные законы природы.
6. В живом и в материальном мире в целом асимметричные и неожиданные сценарии становления и развития событий являются механизмом эволюции Вселенной.

Ниже приведены термины, значение которых важно иметь в виду для понимания концепций эволюции Вселенной.

**Метагалактика** (греч. *meta* — после, сверх и *galaktikos* — млечный, молочный) — доступная наблюдению часть мироздания на основе непосредственных и косвенных методов изучения. На современном уровне горизонт Метагалактики, доступный наблюдению с помощью телескопов космического и наземного базирования, составляет более  $10^{28}$  м.

**Вселенная** — вся система мироздания, включающая Метагалактику и все выходящее за ее пределы. **Космология** (греч. *kosmos* — упорядочный мир, *logos* — наука) — наука о наиболее общих пространственно-временных свойствах Вселенной. **Космогония** (в буквальном переводе с греческого языка означает происхождение космоса) — раздел астрономии о происхождении объектов и их систем во Вселенной. **Скорость света** — 300 тыс км/с. **Световой год** —  $9,46 \cdot 10^{12}$  км, т. е. 9,46 трлн км. Это расстояние свет проходит за 365,24 земных суток. **1 пс** (парсек) — 3,26 световых лет, т. е. 31 трлн км, **1 кпс** (килопарсек) — 1000 пс, **1 Мпс** (млн парсек).

Термин «**парсек**» образован от греческих слов «параллакс» (отклонение) и «секунда». Он означает в буквальном переводе на русский язык отклонение на одну секунду дуги. Один парсек (1 пс) — это расстояние, с которого мысленно можно увидеть средний радиус земной орбиты вокруг Солнца под углом, равным 1 секунде дуги. Этот метод вычисления расстояния в астрономии был предложен Н. Коперником. Измерение проводится с двух концов известной длины отрезка: направленные на объект линии из концов этого отрезка образуют треугольник. Два прилежащих угла и длина основания треугольника позволяют рассчитать размеры треугольника. Чем больше длина основания треугольника, тем точнее измерение. Если измерять положение одной и той же звезды относительно других звезд в двух противоположных точках орбиты Земли вокруг Солнца в течение года, можно зафиксировать незначительное смещение ее местоположения. Это

смещение называется параллактическим, а угол, на котором произошло смещение, называется параллаксом. Соответствие между временными и геометрическими единицами измерения:  $360^\circ$  — 24 часа,  $15^\circ$  — 1 час,  $15'$  — 1 минута,  $1''$  — 4 секунды. Расстояние от Земли до Солнца,

равное приблизительно 150 млн км, называется в астрономии астрономической единицей расстояния (1 а. е.).

### 3.3.2. Нерелятивистские модели эволюции Вселенной классической науки

Французский зоолог Ж. Л. Леклерк, граф Бюффон (1707—1788), принадлежит к числу ученых XVIII в., интересовавшихся вопросами эволюции Вселенной. Он является автором гипотезы образования планет из вещества Солнца, выброшенного из недр Солнца за счет его вращения. Он проводил эксперименты с раскаленными и остывающими вращающимися шарами, которые позволили ему высказать мысль о том, что на образование Земли потребовалось всего лишь 75 тыс. лет.

Эволюционная идея Бюффона близка небулярной гипотезе немецкого философа И. Канта и французского математика, физика П. Лапласа. Оба исходили из предположения об образовании структур во Вселенной (в частности, Солнечной системы, о которой в основном речь шла в гипотезе Лапласа) из космических частичек космического облака. И. Кант ввел в свою гипотезу наряду с силой тяготения еще и силу отталкивания. Работа И. Канта с изложением этой гипотезы появилась в 1754 г., работа Лапласа «Изложение системы мира» — в 1798 г. Разумеется, в то время не представлялось возможным говорить о размерах этого облака и физико-химических свойствах составляющих его частиц. Здесь было много логики, рассуждений и интуиции. В частности, Лаплас считал, что в первоначальном своем состоянии Солнце по своим размерам превышало радиус орбиты планеты **Юпитер** вокруг Солнца. Юпитер — самая большая планета Солнечной системы (планета-гигант). Ее поперечник в 13 раз больше поперечника Земли (радиус Земли = 6370 км). Юпитер в 300 раз массивнее Земли и в 2 раза массивнее всех планет Солнечной системы, вместе взятых. Из него можно «выкроить» 1300 шаров размером с Землю. Период обращения Юпитера вокруг Солнца составляет, приблизительно 12 земных лет. Период вращения вокруг своей оси составляет приблизительно 10 часов. Среднее расстояние от Солнца равно 778,3 млн км (5,2 а. е.). Он имеет более 40 спутников.

Согласно Лапласу сжатие, размеры, вращение Солнца привели к отделению в плоскости его экватора части вещества в форме газового кольца, из которого образовались планеты. Фрагментация этого кольца привела к образованию планет, из которых по тому

же механизму образовались и спутники отдельных планет. В гипотезе Лапласа Солнечная система представлялась замкнутой механической системой. Она столкнулась с объяснением момента количества движения Солнца и его планет. Под моментом количества движения имеется в виду, грубо говоря, распределение движения вещества системы относительно неподвижной точки на оси вращения всей системы. Оказалось, что момент количества движения планет в 20 раз больше момента количества движения Солнца. Это противоречило законам сохранения классической механики.

Лишь в середине XX в. советский ученый О. Ю. Шмидт (1891—1956) предложил новую гипотезу о Солнечной системе, в которой она представлялась открытой динамической системой, происхождение которой связано с процессом образования нашей Галактики. Тем самым вопрос о соответствии момента количества движения Солнечной системы и ее составляющих элементов потерял свою актуальность. Гипотеза И. Канта — П. Лапласа оказала большое влияние на развитие эволюционных представлений о Вселенной, поскольку содержала много

прозорливых идей. В частности, в ней четко прослеживалась мысль о том, что между исходными физическими и химическими свойствами элементов туманностей и свойствами образовавшихся из них объектов должно существовать определенное соответствие.

Эта идея нашла свое выражение в **космогонических моделях. Основателем наблюдательной космогонии считается великий английский астроном В. Гершель (1738— 1822).** Он является автором морфологической гипотезы образования звезд из ярких газовых туманностей, которые, в свою очередь, в соответствии с законом всемирного тяготения, образовались из аморфных, бесформенных неконцентрированных туманностей. Гипотеза В. Гершеля имела много последователей в XIX в. На ее основе возникло так называемое **великое космологическое заблуждение XIX в. Считалось, что звезды образуются из туманностей, типа туманности Андромеды.** В XX в. было доказано, что эти яркие туманности являются на самом деле галактиками, состоящими из огромного количества звезд.

В 1912 г. американский астроном **В. Слайфер**, пользуясь телескопом с приборами спектрального анализа, установил, что яркие туманности В. Гершеля — это галактики. Он же установил факт «разбегания», удаления галактик.

132

Но в то время шла Первая мировая война, и на данное открытие не обратили внимания. Надо подчеркнуть, что это открытие не было известно ни А. Эйнштейну, ни А. Фридману, когда они создавали свои модели Вселенной.

Что касается космологического заблуждения XIX в., то еще в 1847 г. наш соотечественник В. Струве (1793—1864) доказал, что пространство между звездами уменьшает светимость звезд приблизительно на 0,6 звездной величины. Этот факт позволил бы избежать великого космологического заблуждения XIX в. Существуют не только яркие туманности (галактики), но и собственно туманности (холодные, теплые, горячие туманности из атомарного, молекулярного водорода) в межзвездной среде. Но это было известно уже в XX в. Космогонические идеи В. Гертеля получили развитие в начале XX в.

**В 1902 г. английский астроном Д. Джинс (1877—1946)** опубликовал работу «Устойчивость сферической туманности», в ней он использовал информацию из газовой термодинамики. Он полагал, что звезды образуются из газовых облаков за счет действия силы тяготения, которая заставляет их сжиматься, скручиваться и уменьшаться в объеме. Этот процесс, по Джинсу, приводит к увеличению плотности газа в объеме его нагревания, что выражается в возникновении силы давления, направленной против действия силы тяготения. Таким образом, у него плотность газового облака соответствует силе гравитации, а давление — упругости среды в результате сжатия гравитацией газового облака. Сила гравитации и сила давления составляют физическую основу его гипотезы: соотношение между давлением и плотностью определяет степень устойчивости звезды, образованной из газового облака. Д. Джинс вычислил некоторые величины, необходимые для звездообразования, получившие название — величины Джинса:  $R_j$  — приблизительно  $1,5 \cdot 10^4$  (радиус облака, необходимый для звездообразования);  $M_j$  — приблизительно 1,4 массы Солнца;  $L_j$  — длина Джинса, расстояние, на котором сила тяготения и давления сравнимы по величине.

Д. Джинс не располагал сведениями о химическом составе межзвездной среды (МЗС). Эти сведения появились позднее. Одним из интересных следствий данной гипотезы является возможность возникновения в расширяющейся однородной среде областей, в которых собственная скорость расширения отстает от скорости расширения всей среды в целом. В 40-х годах XX в. наш

133

соотечественник Е. М. Лившиц сформулировал гипотезу, согласно которой «отстающие» области в расширяющейся однородной среде могут создавать относительно устойчивые структуры в таких средах. Это является одним из способов решения парадокса, сформулированного немецким астрономом Г. Лихин А. Ф. Концепции современного естествознания : учеб. — ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. - 264 с.

## Ольберсом в 1826 г.

Космогонические идеи звездообразования В. Гершеля и Д. Джинса получили дальнейшее развитие с созданием квантовой механики, открытием законов микромира. Особый интерес был проявлен к выяснению процессов, происходящих внутри Солнца. Одной из первых моделей физических процессов, происходящих внутри Солнца, была модель английского физика А. Эддингтона, опубликованная в его книге «Звезды и атомы» (1927). Эта модель учитывала информацию из квантовой механики. До появления этой модели теории и гипотезы эволюции Вселенной основывались в большинстве случаев на данных спектральных исследований небесных тел, что позволило расширить сведения о наблюдаемых небесных телах в астрономических каталогах (греч. *katalogos* — список), определить размеры звезд и разбить их на спектральные классы, включая туманности и другие известные объекты наблюдения того времени.

**В 1900 г. американский астроном Э. Пикеринг (1846—1919) предложил разбить** все известные звезды на спектральные классы, учитывающие светимость (силу света, яркость) звезд. Светимость ( $I$ ) — величина полного светового потока, испускаемого единицей поверхности источника света (измеряется в люменах). Астрономы древности предложили называть наиболее яркие, видимые звезды звездами первой величины, а самые слабые, еле видимые — звездами шестой величины. Была предложена шкала светимости от  $-1^m$  до  $6^m$ , где символ  $m$  означает видимую звездную величину, определяемую при наблюдении с Земли. Эта величина зависит не только от яркости звезды (или другого объекта) и расстояния до нее, но и от среды (ее физических и химических свойств), в которой распространяется свет от звезд до наблюдателя.

Для того чтобы получить точные данные о светимости звезды, астрономы используют методы «мысленного перемещения звезды (другого объекта) на эталонные, стандартные расстояния от Земли». Такое расстояние равно 10 парсекам. С такого расстояния измеряется абсолютная звездная величина наблюдаемого объекта,

134  
которая обозначается символом  $M$ . Надо иметь в виду, что астрономия при изучении своих объектов пользуется разветвленной системой абстракций и идеализации. Например, при измерении светимости звезд они представляются сферическими образованиями (шарами). Например, Солнце представляется как шар с радиусом в 700 000 км, с поверхности которого, имеющей форму сферы, излучается энергия светового потока, равная величине:  $L = 3,86 \cdot 10^{33}$  эрг/с.

Абсолютная звездная величина нашего Солнца на расстоянии 10 парсек равна  $4,8^m$  видимой звездной величины. Это означает, что при наблюдении с Земли на расстоянии 10 парсек наше Солнце видится как звезда со светимостью, равной  $4,8^m$ , т. е. как маленькая, тусклая звездочка 5-й видимой звездной величины. В дальнейшем шкала светимости была расширена: для очень ярких звезд стали использовать отрицательные величины:  $0^m$ ,  $-1^m$ ,  $-2^r$  и т. д., дробные и промежуточные значения светимости. Исследования показали, что звезды, отличающиеся на одну звездную величину, создают на Земле освещенность (наблюдаемую силу света, яркость), различающуюся приблизительно в 2,5 раза. В 1924 г. стала известна связь между массой звезды и ее светимостью. Э. Пикеринг разбил наблюдаемые звезды (священные объекты) на спектральные классы и обозначил их соответствующими буквами латинского алфавита ( $O, B, A, F, G, K, M$ ). Студенты-астрономы придумали легко запоминающуюся фразу, начальные буквы которой представляют эти классы: «O, be a fine girl, kiss me!»

Дальнейшие исследования позволили разбить каждый из спектральных классов на подклассы: от 0 до 9-го (10 подклассов в каждом классе) — и ввести новые классы:  $R, N, S$  (классы холодных звезд).

Каждый из классов и подклассов представляет определенные типы звезд: класс  $O$  — звезды с температурой до 100 000 К (Кельвина) и определенным химическим составом; класс  $M$  — звезды с температурой 2000—2500 К, содержащие

молекулярные соединения и металлы. Здесь речь идет о температуре внешних слоев звезды, внутри температура значительно выше.

В начале XX в. астрономы Э. Герцшпрунг (1879—1937) и Р. Расселл (1877—1957) построили диаграмму светимости. Авторы этой диаграммы показали, что близкие по светимости объекты (звезды) образуют в пространстве обособленные области или последова-

135  
тельности. Э. Герцшпрунг назвал звезды, находящиеся в верхней и нижней части диаграммы (рис. 7), соответственно, гигантами и карликами. Данная диаграмма, точнее метод, позволила обнаружить естественный порядок на наблюдаемой небесной сфере.

Диаграмма, о которой говорилось выше, графически выглядит следующим образом.

Рис. 7. Положение некоторых звезд на диаграмме «Спектр - светимость»<sup>1</sup>:  
горизонталь — классы звезд, вертикаль — светимость звезд

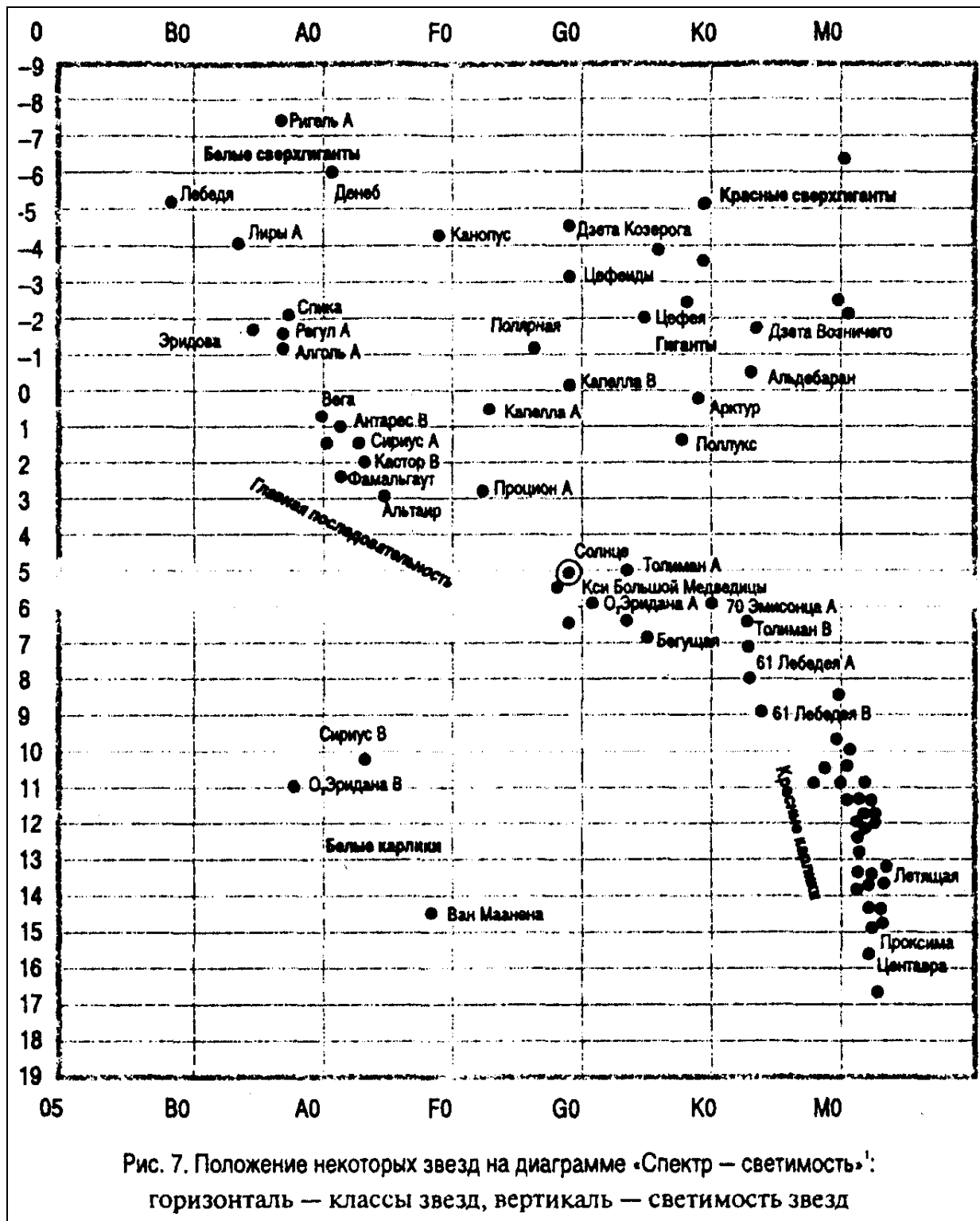


Рис. 7. Положение некоторых звезд на диаграмме «Спектр — светимость»<sup>1</sup>:  
горизонталь — классы звезд, вертикаль — светимость звезд

<sup>1</sup> Зигель Ф. Ю. Сокровища звездного неба (путеводитель по созвездиям и Луне). 5-е изд. М.: Наука, 1987. С.16.  
136

Диаграмма наглядно показывает области звезд-сверхгигантов (ярких, средних, слабых), субгигантов (лат. *sub* — под), а также область звезд, получившая название главной последовательности (ГП), на которой находится наше Солнце, и области карликов и субкарликов.

Распределение наблюдаемых звезд на диаграмме показало, что большинство из них находится на ГП. Диаграмма косвенно указывала на определенные динамические процессы, происходящие в наблюдаемой области Вселенной.

Г. Ресселл предложил гипотезу «скольжения» или судьбы звезд. Согласно этой гипотезе звезда из области звезд гигантов переходит со временем на главную



последовательность, а затем скользит вниз, в область карликов. Данная гипотеза подчеркивала важное значение знаний о процессах, происходящих внутри звезд.

В работе «Звезды и атомы» (1927) и в своих последующих работах А. Эддингтон построил модель Солнца. Кратко суть этой модели состоит в следующем: внутри Солнца происходят два типа реакций: протонно-протонная и азотно-углеродная. Эти реакции были предложены американским физиком Г. Бете (второй вид реакции был предложен независимо от Г. Бете астрофизиком К. Ф. фон Вейзекером).

Первый цикл начинается с взаимодействия двух протонов. Оно ведет к образованию дейтерия ( ${}^2_1\text{H}$ ), взаимодействие которого с другим протоном ведет к образованию трития ( ${}^3_1\text{H}$ ), далее взаимодействие дейтерия и трития ведет к образованию гелия ( ${}^4_2\text{He}$ ) и нейтрона с образованием огромной энергии, которая позволяет возникнуть синтезу ядер азота и углерода. При температурах более 200 млн градусов Кельвина происходит, как полагают ученые, синтез ядер атомов практически всех элементов таблицы Менделеева.

А. Д. Эддингтон вычислил температуру внутри Солнца, равную 15 млн градусов Кельвина. При такой температуре обычное вещество переходит в состояние, называемое **плазмой**. Из модели А. Эддингтона следовало, что звездами следует называть космические объекты, внутри которых идут термоядерные реакции. Эти реакции возникают при температурах свыше 10 млн градусов Кельвина. Современные данные подтверждают выводы модели А. Эддингтона. В 40-х годах XX в. стал известен химический состав Солнца: водород приблизительно 91%, гелий приблизительно

137  
7%, другие химические элементы приблизительно 2—3% (тяжелые химические элементы).

### 3.3.3. Релятивистские модели Вселенной

В 1917 г. А. Эйнштейн построил модель Вселенной. В этой модели для преодоления гравитационной неустойчивости Вселенной использовалась космологическая сила отталкивания, получившая название лямбда-параметра. В дальнейшем Эйнштейн скажет, что это была грубейшая его ошибка, противоречащая духу созданной им теории относительности: сила тяготения в этой теории отождествляется с кривизной пространства-времени. Вселенная Эйнштейна имела форму гиперцилиндра, протяженность которого определялась общим количеством и составом форм проявления энергии (вещество, поле, излучение, вакуум) в этом цилиндре. Время в этой модели направлено от бесконечного прошлого к бесконечному будущему. Таким образом, здесь величина энергии-, массы Вселенной (вещество, поле, излучение, вакуум) пропорционально связана с пространственной ее структурой: ограниченная по своей форме, но бесконечного радиуса и бесконечная во времени.

Исследователи, которые стали анализировать эту модель, обратили внимание на ее чрезвычайную неустойчивость, подобную стоящей на ребре монете, одна сторона которой соответствует расширяющейся Вселенной, другая — замкнутой: при учете одних физических параметров Вселенной, по модели Эйнштейна, она получается вечно расширяющейся, при учете других — замкнутой. Например, голландский астроном В. де Ситтер, допустив, что время искривлено так же, как и пространство в модели Эйнштейна, получил модель Вселенной, в которой в очень удаленных объектах время полностью останавливается.

**А. Фридман, физик и математик Петроградского университета, опубликовал в 1922 г. статью «О кривизне пространства».** В ней приводились результаты исследований общей теории относительности, которые не исключали математической возможности существования трех моделей Вселенной: модель Вселенной в евклидовом пространстве ( $K = 0$ ); модель с коэффициентом, равным ( $K > 0$ ) и модель в пространстве Лобачевского — Больяй ( $K < 0$ ).

В своих вычислениях А. Фридман исходил из положения о том, что величина и

радиус Вселенной пропорциональны величине энергии, вещества и другим формам ее проявления во Все-

138

ленной в целом. Математические выводы А. Фридмана отрицали необходимость введения космологической силы отталкивания, поскольку из общей теории относительности не исключалась возможность существования модели Вселенной, в которой процессу ее расширения соответствует процесс сжатия, связанный с ростом плотности, давления составляющей Вселенную энергии-материи (вещество, поле, излучение, вакуум). Выводы А. Фридмана вызвали сомнение у многих ученых и у самого А. Эйнштейна. Хотя уже в 1908 г. математик Г. Минковский, дав геометрическую интерпретацию специальной теории относительности, получил модель Вселенной, в которой коэффициент кривизны равен нулю ( $K = 0$ ), т. е. модель Вселенной в евклидовом пространстве. Н. Лобачевский, основатель неевклидовой геометрии, проводил измерение углов треугольника между удаленными от Земли звездами и обнаружил, что сумма углов треугольника равна  $180^\circ$ , т. е. пространство в космосе является евклидовым. Наблюдаемая евклидовость пространства Вселенной является одной из загадок современной космологии. В настоящее время считается, что плотность вещества во Вселенной составляет 0,1—0,2 части от критической плотности. Критическая плотность примерно равна  $2 \cdot 10^{-29}$  г/см<sup>3</sup>. Достигнув критической плотности, Вселенная начнет сжиматься.

Модель А. Фридмана с « $K > 0$ » — это расширяющаяся Вселенная из исходного ее состояния, к которому она должна вновь возвратиться. В этой модели появилось понятие возраста Вселенной: наличие предшествующего состояния относительно наблюдаемого в определенный момент.

Предположив, что масса всей Вселенной равна  $5 \cdot 10^{21}$  масс Солнца, А. Фридман рассчитал, что наблюдаемая Вселенная находилась в сжатом состоянии по модели « $K > 0$ » приблизительно 10—12 млрд лет тому назад. После этого она стала расширяться, но это расширение не будет бесконечным и через определенное время произойдет вновь сжатие Вселенной. А. Фридман отказывался обсуждать физику начального, сжатого состояния Вселенной, поскольку законы микромира к тому времени не были ясны. Математические выводы А. Фридмана многократно проверялись и перепроверялись не только А. Эйнштейном, но и другими учеными. Через определенное время А. Эйнштейн в ответе на письмо А. Фридмана признал правильность этих решений и назвал А. Фридмана «первым ученым, ставшим на путь построения реля-

139

тивистских моделей Вселенной». К сожалению, А. Фридман рано умер. В его лице наука потеряла талантливого ученого.

Как уже отмечалось выше, ни А. Фридману, ни А. Эйнштейну не были известны данные о факте «разбегания» галактик, полученные американским астрономом В. Слайфером (1875—1969) в 1912 г. К 1925 г. он измерил скорость движения несколько десятков галактик. Поэтому космологические идеи А. Фридмана обсуждались преимущественно в теоретическом плане. **Но уже в 1929 г. американский астроном Э. Хаббл (1889—1953) с помощью телескопа с приборами спектрального анализа открыл так называемый эффект «красного смещения».** Свет, идущий от галактик, которые он наблюдал, смещался в красную часть цветового спектра видимого света. Это говорило о том, что наблюдаемые галактики удаляются, «разбегаются» от наблюдателя.

Эффект «красного смещения» — частный случай эффекта Доплера. Австрийский ученый К. Доплер (1803—1853) открыл его в 1824 г. При удалении источника волн относительно прибора, фиксирующего волны, длина волны увеличивается и становится короче при приближении к неподвижному приемнику волны. В случае световых волн длинные волны света соответствуют красному сегменту светового спектра (красный — фиолетовый), короткие — фиолетовому сегменту. Эффект «красного смещения» был использован Э. Хабблом для измерения расстояний до галактик и скорости их удаления: если «красное

смещение» от галактики *A*, например, больше в два раза, чем от галактики *B*, то расстояние до галактики *A* в два раза больше, чем до галактики *B*.

Э. Хаббл установил, что все наблюдаемые галактики удаляются по всем направлениям небесной сферы со скоростью, пропорциональной расстоянию до них:  $Vr = Hr$ , где  $r$  — расстояние до наблюдаемой галактики, измеряемой в парсеках (1 пс приблизительно равен  $3,1 \cdot 10^{16}$  м),  $Vr$  — скорость движения наблюдаемой галактики,  $H$  — постоянная Хаббла, или коэффициент пропорциональности между скоростью движения галактики и расстоянием до нее от наблюдателя. Небесная сфера — это понятие, которое используется для описания объектов звездного неба невооруженным глазом. Древние считали небесную сферу реальностью, на внутренней стороне которой закреплены звезды. Вычисляя значение этой величины, которую потом стали называть постоянной Хаббла, Э. Хаббл пришел к выводу о том, что она равна приблизительно 500 км/(с•Мпс). Иначе говоря, отрезок пространства

140 в один миллион парсек увеличивается за одну секунду на 500 км. Формула  $Vr = Hr$  позволяет рассматривать как удаление галактик, так и обратную ситуацию, движение к некоему исходному положению, началу «разбегания» галактик во времени. Величина, обратная постоянной Хаббла, имеет размерность времени:  $t$  (время) =  $r/Vr = 1/H$ . При значении  $H$ , о котором говорилось выше, Э. Хаббл получил время начала «разбегания» галактик, равное 3 млрд лет, что вызвало у него сомнение относительно правильности вычисленной им величины. Пользуясь эффектом «красного смещения», Э. Хаббл достиг самых удаленных галактик, известных в то время: чем дальше галактика, тем меньше воспринимаемая нами ее яркость. Это позволило Э. Хабблу говорить о том, что формула  $Vr = Hr$  выражает наблюдаемый факт расширения Вселенной, о котором говорилось в модели А. Фридмана. Астрономические исследования Э. Хаббла стали рассматриваться рядом ученых как опытные подтверждения правоты модели А. Фридмана о нестационарной, расширяющейся Вселенной.

Уже в 30-е годы некоторые ученые высказывали сомнения по поводу данных Э. Хаббла. Например, П. Дирак высказал гипотезу о естественном краснении квантов света в силу их квантовой природы, взаимодействия с электромагнитными полями космического пространства. Другие указывали на теоретическую несостоятельность постоянной Хаббла: почему величина постоянной Хаббла должна быть в каждый момент времени одинаковой в эволюции Вселенной? Это устойчивое постоянство постоянной Хаббла предполагает, что известные нам законы Вселенной, действующие в Мегагалактике, обязательны для всей Вселенной в целом. Возможно, как говорят критики постоянной Хаббла, существуют какие-то другие законы, которым не будет соответствовать постоянная Хаббла.

Например, говорят они, свет может «краснеть» за счет воздействия на него межзвездной (МЗС) и межгалактической (МГЗ) среды, которые могут удлинять длину волны его движения к наблюдателю. Другим вопросом, вызвавшим дискуссии в связи с исследованиями Э. Хаббла, был вопрос о предположении возможности движений галактик со скоростью, превышающей скорость света. Если это возможно, то тогда эти галактики могут исчезнуть из нашего наблюдения, поскольку из общей теории относительности никакие сигналы не могут быть переданы быстрее света. Тем не

141 менее большинство ученых считают, что наблюдения Э. Хаббла установили факт расширения Вселенной.

Факт расширения галактик не означает расширения внутри самих галактик, так как их структурная определенность обеспечивается действием внутренних сил гравитации.

Наблюдения Э. Хаббла способствовали дальнейшему обсуждению моделей А. Фридмана. **Бельгийский монах и астроном Ж. Леметр (в первой половине прошлого) века обратил внимание на следующее обстоятельство: разбегание**

галактик означает расширение пространства, следовательно, в прошлом было уменьшение объема и плотности вещества. Первоначальную плотность вещества Леметр назвал протоатомом с плотностью  $10^{93}$  г/см<sup>3</sup>, из которого Богом был создан мир. Из этой модели следует, что понятие плотности вещества может быть использовано для определения границы применимости понятий пространства и времени: при плотности  $10^{93}$  г/см<sup>3</sup> понятия времени и пространства теряют свой обычный физический смысл. Эта модель привлекла внимание к физическому состоянию со сверхплотными и сверхгорячими физическими параметрами. Кроме этого, были предложены модели **пульсирующей Вселенной**: Вселенная расширяется и сжимается, но никогда не доходит до крайних пределов. Модели пульсирующей Вселенной придают большое значение измерению плотности энергии-вещества во Вселенной. При достижении критического предела плотности Вселенная расширяется или сжимается. В результате появился термин «**сингулярное**» (лат. *singularis* — отдельный, единичный) состояние, в котором плотность и температура принимают бесконечное значение. Это направление исследований столкнулось с проблемой «скрытой массы» Вселенной. Дело в том, что наблюдаемая масса Вселенной не совпадает с ее массой, вычисленной на основе теоретических моделей.

**Модель «Большого взрыва».** Наш соотечественник Г. Гамов (1904—1968) работал в Петроградском университете и был знаком с космологическими идеями А. Фридмана. В 1934 г. он был послан в командировку в США, где остался до конца своей жизни. Под влиянием космологических идей А. Фридмана Г. Гамов заинтересовался двумя проблемами: 1) относительной распространенностью химических элементов во Вселенной и 2) их происхождением. К концу первой половина XX в. велась оживленная дискуссия по этим проблемам: где могут образовываться тяжелые химиче-

ские элементы, если водород ( $^1_1\text{H}$ ) и гелий ( $^4_2\text{He}$ ) являются самыми распространенными химическими элементами во Вселенной. Г. Гамов предположил, что химические элементы ведут свою историю от самого начала расширения Вселенной.

**Модель Г. Гамова называется моделью «Большого взрыва», но она имеет и другое название: «А-Б-Г-теория».** В этом названии указаны начальные буквы авторов статьи (Альфер, Бете, Гамов), которая была опубликована в 1948 г. и содержала модель «горячей Вселенной», но основная идея этой статьи принадлежала Г. Гамову.

Кратко о сути этой модели:

1. «Исходное начало» Вселенной, по модели Фридмана, было представлено сверхплотным и сверхгорячим состоянием.

2. Это состояние возникло в результате предыдущего сжатия всей материальной, энергетической составляющей Вселенной.

3. Этому состоянию соответствовал чрезвычайно малый объем.

4. Энергия-материя, достигнув некоторого предела плотности и температуры в этом состоянии, взорвалась, произошел Большой взрыв, который Гамов назвал «Космологическим Большим взрывом».

5. Речь идет о необычном взрыве.

6. Большой взрыв придал определенную скорость движения всем фрагментам исходного физического состояния до Большого взрыва.

7. Поскольку исходное состояние было сверхгорячим, то расширение должно сохранить остатки этой температуры по всем направлениям расширяющейся Вселенной.

8. Величина этой остаточной температуры должна быть приблизительно одинаковой во всех точках Вселенной.

Это явление было названо реликтовым (древним), фоновым излучением. В

1953 г. Г. Гамов вычислил волновую температуру реликтового излучения. У него получилось 10 К. Реликтовое излучение — это микроволновое электромагнитное излучение.

В 1964 г. американские специалисты А. Пензиас и Р. Вильсон случайно обнаружили реликтовое излучение. Установив антенны нового радиотелескопа, они не могли избавиться от помех в диапазоне 7,8 см. Эти помехи, шум шли из космоса, одинаковые по величине и по всем направлениям. Измерения этого фона излучения дали температуру меньше 10 К.

Таким образом, гипотеза Г. Гамова о реликтовом, фоновом излучении подтвердилась. В своих работах о температуре фонового

143

излучения Г. Гамов использовал формулу А. Фридмана, выражающую зависимость изменения плотности излучения во времени. В параболической ( $K > 0$ ) модели Вселенной Фридман рассматривал состояние, когда излучение преобладает над веществом в неограниченно расширяющейся Вселенной. Согласно модели Гамова в развитии Вселенной существовало две эпохи: а) преобладание излучения (физического поля) над веществом и б) преобладание вещества над излучением. В начальный период излучение преобладало над веществом, затем было время, когда их отношение было равным, и период, когда вещество стало преобладать над излучением. Гамов определил границу между этими эпохами — 78 млн лет.

В конце XX в. измерения микроскопических изменений фонового излучения, которую назвали **рябью**, позволили ряду исследователей утверждать, что эта рябь представляет изменение плотности **вещества и энергии** в результате действия сил гравитации на **ранних стадиях развития** Вселенной.

**Модель «Инфляционной Вселенной».** Термин «инфляция» (лат. *«inflation»*) трактуется как вздутие. Два исследователя А. Гут и П. Сейнхардт предложили эту модель. В этой модели эволюция Вселенной сопровождается гигантским вздутием квантового вакуума: за  $10^{-30}$  с происходит увеличение размеров Вселенной в  $10^{50}$  раз. Инфляция является адиабатическим процессом. Он связан с охлаждением и возникновением различия между слабым, электромагнитным и сильным взаимодействием. Аналогия раздувания Вселенной может быть, грубо говоря, представлена как внезапная кристаллизация переохлажденной жидкости. Первоначально инфляционная фаза рассматривалась как «второе рождение» Вселенной после Большого взрыва. В настоящее время инфляционные модели используют понятие **инфлатонного поля**. Это гипотетическое поле (от слова «инфляция»), в котором благодаря случайным колебаниям образовалась однородная конфигурация этого поля размером более  $10^{-33}$  см. Из нее произошло расширение и разогревание Вселенной, в которой мы живем.

Описание событий во Вселенной на основе модели «Инфляционной Вселенной» полностью совпадает с описанием на основе модели Большого взрыва, начиная с  $10^{-30}$  с расширения. Фаза раздувания означает, что наблюдаемая Вселенная составляет только часть Вселенной. В учебнике Т. Я. Дубнищевой «Концепции со-

144

временного естествознания»<sup>1</sup> предлагается следующий ход событий согласно модели «Инфляционной Вселенной»:

1)  $t$  —  $10^{-45}$  с. К этому моменту после начала расширения Вселенной ее радиус составлял приблизительно  $10^{-50}$  см. Это событие является необычным с точки зрения современной физики. Предполагается, что ему предшествуют события, порождаемые квантовыми эффектами инфлатонного поля. Это время меньше времени «эры Планка» —  $10^{-43}$  с. Но это не смущает сторонников этой модели, которые проводят вычисления со временем  $10^{-50}$  с;

2)  $t$  — приблизительно от  $10^{-43}$  до  $10^{-35}$  с — эпоха «Великого объединения» или объединения всех сил физического взаимодействия;

3)  $t$  — приблизительно от  $10^{-35}$  до  $10^{-5}$  — быстрая часть инфляционной фазы, когда диаметр Вселенной увеличился в  $10^{50}$  раз. Речь идет о возникновении и

образовании электронно-кварковой среды;

4)  $t$  — приблизительно от  $10^{-5}$  до  $10^5$  с происходит вначале удержание кварков в адронах, а затем образование ядер будущих атомов, из которых в дальнейшем образуется вещество.

Из этой модели следует, что через одну секунду от начала расширения Вселенной идет процесс возникновения вещества, разъединение его с фотонами электромагнитного взаимодействия и образования протосверхскоплений и протогалактик. Разогревание происходит в результате возникновения частиц и античастиц, взаимодействующих между собой. Этот процесс называется аннигиляцией (лат. *nihil* — ничто или превращение в ничто). Авторы модели считают, что аннигиляция асимметрична в сторону образования обыкновенных частиц, из которых состоит наша Вселенная. Таким образом, основная идея модели «Инфляционной Вселенной» — исключить из космологии понятие «Большого взрыва» как особого, необычного, исключительного состояния в эволюции Вселенной. Однако в этой модели появляется не менее необычное состояние. Это состояние **конфигурации инфлатонного поля**. Возраст Вселенной в этих моделях оценивается в 10—15 млрд лет.

«Инфляционная модель» и модель «Большого взрыва» дают объяснение наблюдаемой неоднородности Вселенной (плотности сгущения вещества). В частности, считается, что при раздувании

<sup>1</sup> М.: Маркетинг, 2000. С. 505.

145

Вселенной возникли космические неоднородности-текстуры как зародыши агрегатов вещества, которые в дальнейшем разрослись до галактик и их скоплений. Об этом свидетельствует зафиксированное в 1992 г. отклонение температуры реликтового излучения от среднего его значения 2,7 К примерно на 0,00003 К. Обе модели говорят о горячей расширяющейся Вселенной, в среднем однородной и изотропной относительно реликтового излучения. В последнем случае имеется в виду факт практически одинакового значения реликтового излучения во всех частях наблюдаемой Вселенной по всем направлениям от наблюдателя. Основные идеи инфляционных моделей популярно изложены в журнале «Вокруг Света»<sup>1</sup> (статья «Мир, рожденный из ничего»).

Существуют альтернативные моделям «Большого взрыва» и «Инфляционной Вселенной»: модели «Стационарной Вселенной», «Холодной Вселенной» и «Самосогласованной космологии».

**Модель «Стационарной Вселенной».** Эта модель была разработана в 1948 г. Она основывалась на принципе «космологического постоянства» Вселенной: не только во Вселенной не должно быть ни одного выделенного места, но и во времени не должен быть выделен ни один момент. Авторами этой модели являются Г. Бонди, Т. Голдом и Ф. Хойл, последний — широко известный автор популярных книг по проблемам космологии. В одной из своих работ он писал: «Каждое облако, галактика, каждая звезда, каждый атом имели начало, но не Вселенная целиком, Вселенная есть нечто большее, чем ее части, хотя этот вывод может показаться неожиданным»<sup>2</sup>. Данная модель предполагает наличие во Вселенной внутреннего источника, резервуара энергии, который поддерживает плотность ее энергии-материи на «постоянном уровне, препятствующем сжатию Вселенной». Например, Ф. Хойл утверждал, что если бы в одном ведре пространства за каждые 10 млн лет возникал один атом, то плотность энергии, вещества и излучения во Вселенной в целом будет постоянной. Эта модель не объясняет, каким образом возникли атомы химических элементов, вещество и т. д. Открытие реликтового, фонового излучения сильно подорвало теоретические основания этой модели.

<sup>1</sup> 2004. №2 (2761). С. 56.

<sup>2</sup> Цит. по кн.: *Гарднер М.* Теория относительности для миллионов. М., 1965. С. 173.

146

**Модель «Холодной Вселенной».** Модель была предложена в шестидесятых годах прошлого века советским астрофизиком Я. Зельдовичем. Сравнение Лихин А. Ф. Концепции современного естествознания : учеб. — ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. - 264 с.

теоретических значений плотности и температуры излучения по модели «Большого взрыва» с данными радиоастрономии позволило Я. Зельдовичу высказать гипотезу, согласно которой исходным физическим состоянием Вселенной был холодный протонно-электронный газ с примесью нейтрино: на каждый протон приходится один электрон и одно нейтрино. Обнаружение реликтового излучения, подтверждающего гипотезу об исходном горячем состоянии в эволюции Вселенной, привело Зельдовича к отказу от собственной модели «Холодной Вселенной». Однако идея вычисления соотношений между количеством разного типа частиц и распространенности химических элементов во Вселенной оказалась плодотворной. В частности, было установлено, что плотность энергии-материи во Вселенной совпадает с плотностью реликтового излучения.

**Модель «Вселенная в атоме».** Эта модель утверждает, что существует на самом деле не одна, а множество Вселенных. Модель «Вселенная в атоме» основывается на понятии замкнутого мира по А. Фридману. Замкнутый мир — область Вселенной, в которой силы притяжения между ее составляющими равны энергии их общей массы. В этом случае внешние размеры подобной Вселенной могут быть микроскопическими. С точки зрения внешнего наблюдателя это будет микроскопический объект, а с точки зрения наблюдателя внутри этой Вселенной все выглядит иначе: свои галактики, звезды и т. п. Эти объекты получили название **фридмонов**. Академик А. А. Марков высказал гипотезу о том, что фридмонов может быть неограниченное количество и они могут быть полностью незамкнутыми, т. е. у них есть вход в их мир и выход (связь) с другими мирами. Получается множество Вселенных, или, как назвал в одной из своих работ член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский, — **Метавселенная**.

Идея о множественности Вселенных высказана А. Гуттом, одним из авторов инфляционной модели Вселенной. В раздувающейся Вселенной возможно образование «аневризмозов» (термин из медицины, означает выпячивание стенок кровеносных сосудов) от материнской Вселенной. Согласно этому автору вполне является возможным создание Вселенной. Для этого нужно сжать 10 кг вещества до размера меньшего, чем одна квадриллионная часть элементарной частицы.

147

### 3.3.4. Модель «Самосогласованной космологии» постнеклассической науки

Эта модель предложена Нобелевским лауреатом И. Пригожиным и его сотрудницей И. Стенгерс в работе «Время, хаос, квант. Крещению парадокса времени» (М., 2001). В этой модели сделана попытка уточнить смысл времени и необратимости на уровне космологии. Это довольно сложная модель в содержательном смысле. В ней главный акцент делается на объяснение процесса необратимости **«рождения Вселенной»**.

Суть проблемы, о которой идет речь в данной модели, заключается в следующем. Если модели «Большого взрыва» и «Инфляционной Вселенной» верны, то возникает вопрос, будет ли Вселенная расширяться вечно. Если да, то это будет модель **«Открытой Вселенной»**. Если нет, то Вселенная должна со временем сжиматься, и это будет модель **«Закрытой Вселенной»**. В этой модели возникает вопрос, какой будет конечная стадия этого сжатия: подобная состоянию перед «Большим взрывом» или это сжатие будет скачком в новую стадию расширения? Если модель Вселенной является открытой, то расширение может быть с некоторой фиксированной ее плотностью. Далее Вселенная может расширяться по инерции с фиксированной средней плотностью. Но возможен сценарий, когда она расширяется ускоренно. Тогда вокруг нас будет все меньше и меньше галактик и звезд. Авторы модели «Самосогласованной космологии» называют модели «Большого взрыва» и «Инфляционной Вселенной» **стандартными**. Согласование между этими стандартными моделями и моделью, предлагаемой указанными выше авторами, основывается на допущении, что

процессу раздувания Вселенной предшествует более раннее физическое состояние квантового вакуума с черными мини-дырами с массой порядка планковой массы (масса Планка —  $10^{-5}$  г). Эти черные мини-дыры, как утверждают авторы модели «Самосогласованной космологии», не могут быть стабильно устойчивыми. Распад черных мини-дыр представляет исходное неустойчивое физическое состояние Вселенной, ведущее к образованию «обычной» материи и излучения. Здесь используется предположение о том, что все черные дыры, а не только черные мини-дыры, при распадах испускают тепловое излучение. Это позволяет характеризовать черные дыры температурой и временем их существования. Величина температуры черной мини-дыры обратно пропор-

148  
дистальна ее массе. Время существования черной дыры возрастает как куб ее массы.

Согласно этой модели черная мини-дыра с планковой массой должна исчезать за время порядка планковского времени ( $10^{-43}$  с). Черные мини-дыры, о которых говорится в этой модели, обладают и энтропией: все в себя всасывают и выдают в квантовый вакуум (окружающую их среду) только тепловое излучение. Распад черных мини-дыр ведет к производству энтропии во Вселенной. В целом модель «Самосогласованной космологии» стремится придать законам термодинамики (закон сохранения энергии и закон роста энтропии) космологический смысл. Распад черных мини-дыр сопровождается рождением частиц, поэтому в этой модели наряду с такими понятиями, как плотность, давление, температура, радиус Вселенной, вводится понятие плотности процесса рождения частиц при распадах черных мини-дыр.

Часто авторы этой модели обращаются к гипотезе «бесплатного обеда», появившейся в семидесятых годах прошлого века: какова «цена» затраты энергии за возникновение Вселенной. Согласно некоторым представителям этой гипотезы Вселенная возникает из ничего (полная энергия-масса Вселенной равна нулю) в результате (спонтанной) флуктуации вакуума. Это «ничто» соответствует Вселенной с пространственно-временной кривизной, равной нулю. Правда, здесь возникает ряд вопросов принципиально теоретического характера (отличие, например, отрицательной энергии, связанной с выходом тела из гравитационного поля другого тела, и энергией, выраженной в формуле  $E = mc^2$ ).

#### **Модель «Самосогласованной космологии» делает следующие выводы:**

— доинфляционное состояние Вселенной является неустойчивым состоянием квантового вакуума с черными мини-дырами, энергетическим порогом для которых является масса Планка ( $10^{-5}$  г);

— пространство-время (кривизна равна нулю, т. е., по Эйнштейну, сила гравитации, тяжести равна нулю) преобразуется из такого вакуума в материю за счет диссипации и производства энтропии.

В настоящее время (конец 2003 г.) на основании предварительного анализа данных, полученных с помощью микроволнового зонда, запущенного в 2001 г. на расстоянии 1,5 млн км от Земли

149  
(точка, где силы тяготения Солнца и Земли уравновешенны), высказываются следующие предположения:

1. Постоянная Хаббла составляет  $71 \text{ км/с} \cdot \text{Мпс}$ . Зонд фиксировал микроволновое, реликтовое излучение.

2. Возраст Вселенной — приблизительно 13,7 млрд лет.

3. Средняя величина реликтового излучения  $-2,735 \text{ К}$ , и оно возникло, когда Вселенной, было всего 380 тыс. лет.

4. «Темная материя, или энергия» содержит около 73% всей энергии Вселенной.

5. Высказывается предположение о том, что «темная материя» представляет собой некую силу отталкивания. Эта сила через 22 млрд лет преодолеет силу тяготения, господствующую в «светящейся материи» Вселенной, и разорвет



атомы на составляющие их элементы (протоны и т. д.). Правда, ученые считают, что эту проблему (уточнение параметров «темной энергии, или материи») нужно исследовать с помощью более совершенного зонда, чтобы получить надежные данные об инфляционной стадии в развитии Вселенной.

### ВЫВОДЫ

1. Первыми релятивистскими моделями в космологии являются модели А. Фридмана, которые привели к созданию модели «Космологического Большого взрыва».

2. Исследования Э. Хаббла галактик открыли явление «разбегания галактик». Оно стало рассматриваться как подтверждение релятивистских моделей о неустойчивости плотности энергии-материи во Вселенной, т. е. возможности ее сжатия и расширения.

3. Открытие реликтового (фоновое) излучения существенно утвердило позиции модели «Большого взрыва» или «Великого космологического треска». Это излучение свидетельствует о существовании во Вселенной в далеком прошлом некоего сверхгорячего и сверхплотного состояния в чрезвычайно малом объеме.

4. Модели «Инфляционной Вселенной» ввели особую стадию в эволюцию Вселенной, назвав ее инфляционной, которая ведет к существенному увеличению объема Вселенной за относительно короткое время. Расширение и разогревание идет из однородной конфигурации инфлатонного поля без образования черных дыр.

5. Модель «Самосогласованной космологии» объясняет высокую температуру реликтового излучения существованием черных мини-дыр в квантовом вакууме, распад которых ведет к необратимому процессу рождения час-

150  
тиц с положительной и отрицательной энергией. Последующий этап превращения частиц с положительной и отрицательной энергией ведет к асимметрии в пользу частиц с положительной энергией. В результате получается модель «Открытой Вселенной», в которой преобладают обычные частицы, а не их античастицы.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ

1. Модель «Большого взрыва».
2. Астрономические исследования Э. Хаббла и их роль в развитии современной космологии.
3. Реликтовое, фоновое излучение.
4. Модель «Инфляционной Вселенной».
5. Модель «Самосогласованной космологии».

## Раздел 4. ПРОБЛЕМЫ И КОНЦЕПЦИИ ПОСТНЕКЛАССИЧЕСКОЙ НАУКИ

### Глава 4.1. СОВРЕМЕННАЯ АСТРОНОМИЯ ОБ ОБЪЕКТАХ ВСЕЛЕННОЙ

*Основные понятия: галактики, сверхскопления галактик звезды, наша Галактика — Млечный Путь, Солнечная система, «черные дыры», «белые дыры»*

Сегодня астрономам известны следующие представители «населения космоса»: скопления и сверхскопления галактик, звезды, системы звезд, системы звезда — планета, планеты, скопление звезд, межгалактические системы облаков или межгалактическая среда (МГС), межзвездная среда в галактиках (МЗС) и астероиды (греч. *astereideis* — звездopodobный). Известны также кометы (длинноволосый — в переводе с греческого), метеориты (парящие в воздухе — в переводе с греческого) и многие другие интересные объекты, о которых речь пойдет ниже.

**Галактика** (греч. *galaktikos* — млечный) — крупномасштабная структура во Вселенной, состоящая из межзвездной диффузной среды и большого количества звезд, находящихся в гравитационном взаимодействии между собой и межзвездной средой. В темные летние ночи на безоблачном небе можно заметить широкую слабо светящуюся полосу, опоясывающую весь небосвод, которая напоминает след пролитого молока. В древности эту полосу называли Млечным Путем. Возраст нашей Галактики приблизительно  $10^{10}$  лет.

В 1609 г. Г. Галилей с помощью изобретенного им телескопа обнаружил, что Млечный Путь — это огромное скопление звезд. Важным достижением астрофизики прошлого века было открытие межзвездной среды (МЗС). Объекты МЗС называют облаками. Исследование МЗС нашей Галактики - Млечный Путь, показало, что химический состав Солнца аналогичен химическому составу МЗС: 90% — водорода, 7% — гелия, 2—3% тяжелые химические элементы (цифры приблизительные).

Систематическое исследование галактик было начато в начале прошлого века, когда были установлены на телескопах приборы для спектрального анализа световых излучений звезд.

Американский астроном Э. Хаббл разработал метод классификации известных ему тогда галактик с учетом их наблюдаемой формы. В его классификации выделены несколько типов (клас-

152 сов) галактик, в каждом из которых существуют подтипы или подклассы. Он же определил примерное процентное распределение наблюдаемых галактик: **эллиптические** по форме (приблизительно 25%), **спиральные** (приблизительно 50%), **линзообразные** (приблизительно 20%) и **пекулярные** (неправильной формы) галактики (приблизительно 5%).

Сегодня известно, что галактики объединяются в устойчивые структуры (скопления и сверхскопления галактик). Астрономам известно облако галактик с плотностью 220 032 галактик на один квадратный градус. Наша Галактика входит в скопление галактик, которое называют **Местной системой**.

**В** Местную систему входят наша Галактика, галактика Туманность Андромеды, спиралеобразная галактика из созвездия Треугольник и еще 31 звездная система. Поперечник этой системы —

7 млн световых лет. В это объединение галактик входит галактика Туманность Андромеды, которая существенно больше нашей Галактики: ее диаметр более 300 тыс. св. лет. Она находится на расстоянии 2,3 млн св. лет от нашей Галактики и состоит из нескольких миллиардов звезд. Наряду с такой огромной галактикой, как Туманность Андромеды, астрономам известны галактики-карлики.

В созвездиях Льва и Скульптора обнаружены почти шарообразные галактики

размером 3000 св. лет в поперечнике. Имеются данные о линейных размерах следующих крупномасштабных структур во Вселенной: звездные системы —  $10^8$  км, галактики, содержащие около  $10^{13}$  звезд, —  $3 \cdot 10^4$  св. лет, скопление галактик (из 50 ярких галактик) —  $10^7$  св. лет, сверхскопления галактик —  $10^9$  св. лет. Расстояние между скоплениями галактик равно приблизительно  $20 \cdot 10^7$  св. лет.

Обозначение галактик принято давать относительно соответствующего каталога: обозначение каталога плюс номер галактики (NGC2658, где NGC — новый общий каталог Дрейера, 2658 — номер галактики в этом каталоге). В первых звездных каталогах галактики ошибочно фиксировались как туманности определенной светимости. Во второй половине XX в. было установлено, что классификация галактик Хаббла не является точной: существует большое множество разновидностей пекулярных по форме галактик. **Местная система** (скопление галактик) входит в гигантское сверхскопление галактик, поперечник которой составляет 100 млн лет, наша **Местная система находится от центра этого сверхскопления на расстоянии более 30 млн св. лет.** Современная астро-

153

номия использует широкий спектр методов исследования объектов, находящихся на огромных расстояниях от наблюдателя. Большое место в астрономических исследованиях занимает метод радиологических измерений, разработанный в начале прошлого века.

В основе этого метода используется закон «периода полураспада радиоактивного химического элемента». Период полураспада означает промежуток времени, в течение которого исходное число ядер химического элемента в среднем уменьшается вдвое. Например, уран-238 ( $^{238}\text{U}$ ) превращается в свинец-206. Вычислив соотношение количества стабильных ядер химического элемента свинца и число не распавшихся ядер урана-238 в геологической породе, можно установить примерный ее возраст.

Для установления возраста органических остатков используется **радиоуглеродный метод**. Радиоактивный изотоп углерода  $^{14}\text{C}$  имеет период полураспада 5370 лет. Этот изотоп образуется в атмосфере Земли в результате воздействия идущих из космоса на Землю нейтронов на ядра азота  $^{14}\text{N}$ . Было установлено, что в живых растениях и животных содержится такая же концентрация  $^{14}\text{C}$  (в расчете на 1 млн атомов), как и в земной атмосфере. В мертвых организмах содержится меньше углерода  $^{14}\text{C}$ , чем в живых. Следовательно, чем меньше содержание углерода  $^{14}\text{C}$  в исследуемых органических остатках, тем больше их возраст. Методика радиологического измерения времени образования геологических пород Земли является достаточно точной, что позволяет говорить о возрасте Земли в  $4,5 + 0,2$  млрд лет на основе радиологического метода измерения времени.

#### 4.1.1. Галактика Млечный Путь

Наша Галактика, Млечный Путь, имеет спиралеобразную форму: при рассмотрении ее сбоку она имеет вид диска с утолщением в центре, сверху — вид спирали, образованной двумя рукавами, расходящимися из ядра Галактики. Масса нашей Галактики более  $2 \cdot 10^{11}$  масс Солнца. Масса Солнца более  $2 \cdot 10^{30}$  кг. Поперечник Галактики Млечный Путь составляет 100 000 св. лет. Наша Солнечная система находится от центра Галактики на расстоянии 34 000 св. лет. Ядро нашей Галактики находится внутри Млечного Пути в направлении созвездия Стрельца. Ядро Галактики — это центральное сгущение активных процессов, происходящих в Га-

154

лактике. Предполагается, что масса ядра галактик составляет всего лишь несколько процентов от массы всей Галактики. Для определения масс крупномасштабных объектов Вселенной (звезды и т. д.) используется ряд зависимостей, например: спектр-светимость, масса-светимость, сила гравитационного взаимодействия и другие. Так, светимость пропорциональна

квадрату радиуса звезды и четвертой степени эффективной температуры ее фотосферы, излучения света. Ядерная физика и квантовая теория позволяют вычислять количество энергии при синтезе химических элементов в звездах. Энергия-масса нашей Галактики распределена в массах ее «населения»: звезды, МЗС и т. д. МЗС составляет 2—3% от общей энергии-массы нашей Галактики. Изучением МЗС нашей Галактики установлено, что эта среда не является однородной по плотности и химическому составу. Структурные элементы МЗС называются облаками. По химическому составу облака МЗС состоят из частичек пыли с примесью тяжелых химических элементов. Частички пыли, как было установлено, представляют собою замороженную воду с примесью тяжелых химических элементов. Суммарная масса пыли в МЗС нашей Галактики составляет приблизительно 0,03% от ее суммарной массы.

Атомарный состав МЗС, как уже говорилось, приблизительно такой же, как и у Солнца: на 1000 атомов водорода приходится 100 атомов гелия и приблизительно 2—3% атомов тяжелых химических элементов. Среди облаков МЗС выделяются гигантские молекулярные облака (ГМО) с массами приблизительно  $10^5$  массы Солнца, их около 6000 в нашей Галактике. ГМО делят на холодные и теплые. Холодные имеют кинетическую температуру 5—10 К, теплые — от 10 до 30 К.

В 1944 г. немецкий астроном В. Бадде (1893—1966) — работал в основном в США — построил модели звездной природы ядра галактик. Все звезды, входящие в нашу Галактику, он назвал «звездным населением» и разделил на два типа: 1) звезды ядра Галактики (гало) и 2) звезды периферийной части Галактики (**диско**). Согласно этой модели все звезды в нашей Галактике сосредоточены в рассеянных и шаровых скоплениях звезд. Первые принадлежат диско нашей Галактики, вторые входят в гало, центральную часть Галактики. Рассеянные скопления состоят из ста до тысячи звезд, шаровые — из нескольких сотен тысяч и миллионов звезд. Деление звезд на «население диско» и «население гало» отличается от деления ГМО на «население диско» и «население рукавов». К первым

155 относятся холодные ГМО, ко вторым — теплые. Суть этого отличия состоит в том, что гравитационное поле Галактики не позволяет переходить звездам, например из «населения гало» в «население диско». У звезд, составляющих «население гало», отношение содержания легких химических элементов к тяжелым существенно меньше, чем у звезд «населения диско». Для того чтобы происходил взаимный переход звезд из одного населения в другое, звездам нужно менять свою **металличность**. Что же касается облаков ГМО, то их движение в Галактике является более интенсивным, т. е. они при движении могут переходить из холодного в теплое состояние и из теплового в холодное, меняя свое место, положение в Галактике. В настоящее время утверждается, что в нашей Галактике осуществляется процесс образования новых звезд из структур МЗС, названных ГМО (гигантские молекулярные облака в МЗС). На это звездообразование, как считают специалисты, тратится приблизительно 4 массы Солнца в год. При этом говорится, что звезды рождаются в спиральных рукавах (70%), в межзвездном пространстве (10%), в области центра Галактики, с диаметром 1 кпс (10%), над галактической плоскостью, в гало (около 10%). Таким образом, получается, что спиральные рукава, занимающие всего лишь 1% всего объема Галактики, являются основной областью звездообразования в настоящее время. Теория звездообразования, о которой говорилось выше, изложена в интересной работе В. Г. Сурдина «Рождение звезд»<sup>1</sup>. Проблемы, с которыми сталкивается эта теория, следующие:

1. Если наша Галактика тратит 4 массы Солнца своей МЗС на звездообразование в год, то за 2 млрд лет она должна была МЗС уже полностью израсходовать, но Галактика имеет возраст около 10—13 млрд лет, и МЗС в ней сохраняется.

2. Происходит ли процесс звездообразования (ГМО сжимается, уплотняется,

отдает часть своей энергии-массы в МЗС и вспыхивает как звезда) одинаковым для всех форм галактик или только он характерен для спиралеобразных?

3. Каков источник образования энергии-массы МЗС Галактики (только внутренний или общегалактический)?

Одним из ответов на эти вопросы является гипотеза об образовании Галактики из энергии-массы более крупных структур, таких как сверхскопления галактик и скоплений галактик. Первыми во

<sup>1</sup> М.: Эдиториал, УРСС, 1999.

156

времени, как полагают, образовались сверхскопления галактик, затем — скопления галактик и лишь позднее появились галактики с индивидуальной формой. Иначе говоря, считается, что энергия-масса, достаточная для образования сверхскоплений галактик, переходит за счет фрагментации в энергию-массу отдельных скоплений галактик и т. д.

**Металличность** звезды — это величина, характеризующая отношение тяжелых элементов в звезде (их условно называют металлами) к количеству содержащегося в ней водорода:  $Fe/H$ , где  $Fe$  — количество (масса) тяжелых элементов в звезде,  $H$  — масса водорода. За основу шкалы измерения металличности звезды берется металличность Солнца, в котором содержится 2—3% тяжелых металлов ( $Fe/H$ ). Существует точка зрения, согласно которой на догалактической стадии, 13 млрд лет тому назад, при формировании нашей Галактики в составе ее энергии-массы не было тяжелых элементов. Она состояла из водорода ( $3/4$ ) и гелия ( $1/4$ ). Силы тяготения сжимали догалактическую структуру, которую трудно назвать облаком, как часто это делается. В этой догалактической структуре произошло уплотнение и фрагментация, т. е. появились неоднородности с высокой плотностью. Эти фрагментарные плотности могут рассматриваться как очаги образования скоплений звезд спектрального класса *O* и *B*. Эти звезды называют звездами первого поколения или **предсверхновыми**, поскольку их масса достигала, как полагают, несколько тысяч масс Солнца.

Звезды спектральных классов *O* и *B* наблюдаются сегодня. Они имеют температуру поверхности от 15 000 до 25 000 К и существенно выше. Однако они не являются чисто водородно-гелиевыми звездами первого поколения. В линиях их спектров наблюдаются линии водорода, гелия, кремния, кислорода и углерода. Чисто водородно-гелиевых звезд не удалось обнаружить до сих пор: есть звезды с содержанием тяжелых элементов в 100—400 раз меньше, чем у Солнца, но еще с меньшим содержанием не наблюдаются. В связи с этим высказывается предположение о наличии замедленной или прерывистой физико-химической эволюции Галактики: в течение первой половины жизни Галактики происходил линейный рост тяжелых элементов в межзвездной среде за счет звезд первого поколения, затем этот рост приостановился. Как полагают, звезды первого поколения обладали огромной энергией-массой, которая позволяла возникнуть термоядерному синтезу тяжелых химических элементов из легких. Они просуще-

157

ствовали приблизительно 1 млрд лет, выбросив огромную энергию-массу в окружающую среду, обогатив ее тяжелыми химическими элементами. Образовавшаяся в Галактике межзвездная среда, как полагают, привела к образованию звезд **второго поколения**. Энергия-масса этих звезд не позволяет образовывать тяжелые химические элементы. Например, наше Солнце, возрастом в 5 млрд лет, не может образовывать тяжелые химические элементы, их оно «заимствовало» из МЗС Галактики. Звезды, содержащие много тяжелых химических элементов, называют молодыми в смысле места, которое они занимают в эволюции Вселенной. Современные исследования обнаружили мощный источник излучения в диапазоне радиоволн из ядра нашей Галактики. Ядро нашей Галактики, по современным оценкам, имеет линейные размеры порядка 4000 св. лет.

Высказывается мнение, что внутри ядра находится массивная «черная дыра»,

окруженная газовым облаком диаметром в 1 млрд км, являющаяся источником выброса энергии-массы (вещества) со скоростью около 600 км/с в количестве одной массы Солнца в год. Эта гипотеза требует соответствующей проверки. Для проверки этой гипотезы российские и западноевропейские ученые планируют запустить в 2006 г. сверхмощный телескоп, который, как полагают ученые, поможет рассмотреть эту «черную дыру».

### 4.1.2. Звезды

Самым распространенным небесным телом в наблюдаемой Вселенной являются звезды. По современным представлениям, звезда — это газоплазменный объект, в котором происходит термоядерный синтез при температурах свыше 10 млн градусов по шкале Кельвина. По своему химическому составу звезды близки: состоят в основном из водорода, гелия и небольшого процента тяжелых химических элементов, но существуют большие различия в их массе, светимости и размерах. Называются примерные величины массы звезды: от 0,04 до 0,08 масс Солнца (минимальные) и от 60 до нескольких сотен масс Солнца (максимальные). Однако по этому вопросу высказываются различные взгляды. В туманности Тарантул в галактике Большое Магелланово Облако обнаружен объект (R. 136a) со светимостью  $10^8$  светимости Солнца, что говорит о его огромной массе в 4000 масс Солнца. С помощью современного Хаббловского космического телескопа удалось уточнить структуру этого объекта, который, как оказалось, состоит из не-

158  
скольких сверхгигантов, имеющих массу, как полагают, равную 100—150 массам Солнца. Это предположение основывается на измерении скорости истечения вещества из этих звезд, которая равна приблизительно 3500 км/с, тогда как у известных сверхгигантов спектрального класса O она равна 1000 км/с. Есть еще один кандидат на сверхмассивную звезду в галактике NGC1058, блеск которого указывает на массу в 2000 масс Солнца.

Светимость — величина полного светового потока, испускаемая единицей поверхности источника света. Светимость звезды означает, грубо говоря, силу света звезды. Для современной астрофизики светимость звезды может многое рассказать о ее внутренних процессах. Цвет, светимость звезд позволяет разделить их на классы и подклассы:

- бело-голубые с температурой поверхности от 10 000 до 30 000 К и более;
- желтые (наше Солнце) с температурой поверхности 6000 К;
- **красные** (холодные) с температурой поверхности 2000 К.

Кроме этого, очень важным параметром звезды является периодичность и характер изменения светимости звезды, а также наличие тесного гравитационного взаимодействия с близкими звездами-соседями. В последнем случае имеется в виду, что многие звезды обращаются вокруг общего гравитационного центра с одним или несколькими звездами компаньонами.

Изучение звезд началось с древнейших времен, о чем свидетельствуют древние источники Китая, Японии, Вавилона, и сохранение терминологии, принятой в их обозначении. Например, великий астроном Тихо Браге ввел в 1572 г. термин «новая звезда». Он имел в виду факт рождения на небесной сфере новой звезды. На самом деле то, что назвал Браге новой звездой, является определенным состоянием уже ранее существовавшей звезды. Существует точка зрения, что новая звезда в терминологии Т. Браге — это звезды — гравитационные двойники. Одна из этих звезд находится в очень нагретом состоянии, а другая — более холодная. Переход энергии-массы от одной звезды к другой приводит к яркой вспышке звезды, обогатившейся энергией-массой другой. Новые звезды Т. Браге называют по традиции обыкновенными новыми звездами. В нашей Галактике зафиксировано не менее 170 подобных звезд.

159  
В 1934 г. по предложению американцев Ф. Цвикки и В. Бааде был введен новый термин «сверхновая звезда» для обозначения объектов в галактиках,

неожиданные вспышки которых превосходили по своей светимости наблюдаемую светимость галактик. Сверхновая звезда — это взорвавшаяся звезда с выбросом огромной энергии ( $10^{40}$  эрг/с), сопровождающимся истечением с высокой скоростью (до 10 000 км/с) выброшенного из звезды вещества. В 1987 г. астрономы наблюдали вспышку сверхновой звезды в галактике Большое Магелланово Облако с помощью Хаббловского космического телескопа, находящегося на околоземной орбите на расстоянии 360 км. Предварительная обработка информации, полученной с помощью Хаббловского космического телескопа, подтвердила теоретические предположения о звездах этого типа: 1) 10% массы этой звезды излучается в виде частиц нейтрино. Туманность, которая образовалась в результате взрыва сверхновой звезды, содержит не только легкие химические элементы, но и тяжелые — серу, железо, кремний и некоторые другие. Это означает, что взрыв сверхновых звезд обогащает межзвездную среду галактик тяжелыми химическими элементами; 2) после взрыва сверхновой звезды остается центральное тело — остаток звезды, которое удерживает вокруг себя образовавшуюся туманность. В конце прошлого века было известно более 1500 сверхновых звезд.

Относительно судьбы звезд между специалистами в основном нет крупных расхождений. Считается, что судьба звезды зависит главным образом от ее массы: 1) звезда с массой 1,2 массы Солнца превращается в **белый карлик**; 2) звезда с массой в 5 раз больше массы Солнца превращается в нейтронную звезду; 3) звезда с массой в 10 раз больше массы Солнца превращается в черную дыру.

На существование «черных дыр» астрофизики возлагают большие надежды в связи с разгадкой расхождения между массами наблюдаемой и вычисленной применительно к нашей Галактике. Наблюдаемая масса нашей Галактики составляет всего лишь 15—20% от ее полной массы, согласно вычислениям «господствующей» в ней силы тяготения, плотности излучения и т. п. Предполагается существование «черных дыр» внутри ядра нашей Галактики. В начале 2004 г. было сообщение в средствах массовой информации о захвате куска массивной звезды в галактике RXD-J «черной дырой». Звезда находится на расстоянии в 100 млн раз больше расстояния от Земли до Солнца: Современная астрономия обнаружила мощные источники пополнения межгалактической

160

среды и межзвездной среды в галактиках энергией-массой и излучением.

**Цефеиды** — это переменные звезды. Впервые такого рода звезда была обнаружена в созвездии Цефея. Отсюда их название. Эти звезды периодически меняют свою светимость от 1 до 50 суток (иногда и более) с амплитудой изменения блеска от  $0,5^m$  до  $2^m$ . Считают, что внутренние процессы этих звезд приводят не к взрывам, а к их расширению и сжатию с определенной периодичностью, что и ведет к изменениям их светимости. Цефеиды — сверхгиганты и гиганты. Радиус цефеид в 30 раз больше солнечного (солнечный радиус равен 700 тыс. км). **Пульсары** — это источники импульсного электромагнитного излучения, проявляющегося в оптическом диапазоне, в диапазонах радиоволн, рентгеновского и гамма излучений. Это обстоятельство позволяет астрономам классифицировать пульсары с учетом диапазонов их излучения.

Пульсары создают излучение с удивительной точностью их повторения или периодичности от нескольких сотен долей секунды до секунды и более. Пульсары были открыты в 1967—1968 гг. Эта периодичность наводила на мысль некоторых исследователей на разумный, цивилизованный характер импульсов излучения, существование внеземных цивилизаций. Исследования пульсаров установили, что из более двухсот обнаруженных пульсаров практически все они находятся в нашей Галактике. Расстояние до них колеблется от 100 до 85 тыс. св. лет. Наша Галактика — 100 тыс. св. лет в поперечнике. Причем располагаются пульсары в том же спиральном рукаве, что и наше Солнце. Большинство пульсаров излучают свою энергию в диапазоне рентгеновского излучения. Определение возраста

пульсаров с периодом излучения 0,5— 2 с показало, что возраст их составляет от 1 до 30 млн лет.

Одним из объяснений пульсаров является модель «нейтронной вращающейся звезды», у которой ось вращения не совпадает с ее магнитной осью. Это создает «магнитный конус», который ускоряет попавшие в него частицы излучения. Это излучение называется **синхротронным** или **нетепловым**.

Вопрос о статусе пульсаров не является окончательно решенным: это может быть центральное тело взорвавшейся сверхновой звезды или что-то другое. В 1987 г. был открыт очень быстрый пульсар со скоростью вращения до 2000 оборотов в секунду. Среди претендентов на пульсары выдвигаются вращающиеся не только нейтронные, но и кварковые звезды. Нейтронная звезда — это так-

161

же состояние, этап в эволюции звезд с определенной массой. Температура внутри нейтронной звезды достигает порядка 5 млрд К, плотность ее ядра имеет приблизительно  $10^{18}$  г/см<sup>3</sup>. Это — некое слоенное образование. Первое объяснение нейтронной звезды принадлежит советскому физику-теоретику, Нобелевскому лауреату, академику АН СССР Л. Ландау. Это объяснение было высказано в 1932 г. и затем развивалось рядом известных физиков и астрономов. Согласно идеи А. Ландау, нейтронная звезда может возникнуть как конечная стадия сверхновой звезды. Нейтронная звезда — это небесное тело, состоящее только из нейтронов, т. е. частиц без электронного заряда. Для образования такого тела необходима стадия образования в ядре железа, которое под действием сил гравитации распадается на протоны и нейтроны, которые затем становятся основным химическим элементом звезды. Существует мнение, что объект, называемый термином «нейтронная звезда», имеет ядро из нейтронной жидкости, окруженное железной корой с температурой от 1 млрд К до 5 млрд К. Достаточно трудно представить физическую природу этого состояния. Предполагается, что нейтронная жидкость должна препятствовать дальнейшему сжатию нейтронной звезды. Нейтронная звезда с примесью кварков называется **кварковой звездой**.

«**Белые карлики**» — конечная судьба звезд, равных по массе нашему Солнцу. Образование «белого карлика» происходит поэтапно: «выгорает» полностью водород звезды, затем начинает «гореть» гелий, что приводит к образованию огромной горячей оболочки вокруг звезды, т. е. звезда превращается в «красный гигант», после этой стадии происходит сброс в окружающую среду оболочки «красного гиганта» и оставшаяся энергия-масса звезды принимает состояние «белого карлика». Состоянию «белого карлика» может предшествовать, как полагают астрономы, небольшая (на несколько миллионов лет) стадия «пульсации». «Белый карлик» состоит, главным образом, из устойчивых ядер железа, заключенных в небольшом размере (в 100 раз меньше в поперечнике, чем поперечник звезды, из которой он образовывается), и с реальной высокой плотностью (в 100 млн раз превышает плотность воды).

Наше Солнце превратится в «красный гигант» приблизительно за 5 млрд лет, светимость которого будет в 100 раз больше светимости настоящего Солнца, а размер — в 400 раз больше размера Солнца. Приблизительно через 100 тыс. лет оно сбросит свою оболочку и будет превращаться в «белый карлик».

162

Существует мнение, что состояние «белый карлик» может рассматриваться и для звезд с массой от 1,4 до 2,5 масс Солнца. В этом случае из-за огромной массы звезды «белый карлик» может перейти в нейтронную звезду или взорваться, обогатив тем самым окружающую среду тяжелыми химическими элементами.

Гипотезы об образовании «белых карликов» основываются на достаточно точных знаниях энерговыделения при синтезе и делении ядерных процессов. «**Черный карлик**» — этим термином называют неудавшиеся звезды. Чтобы загорелась звезда, нужно преодолеть высокий энергетический барьер для возникновения плазмы. Энергия-масса «черных карликов» не позволяет оторвать ядра атомов от их электронов в веществе, из которого состоит «черный карлик».

«**Черная дыра**». Вычисления показывают, что звезду с массой в 10 раз больше Лихин А. Ф. Концепции современного естествознания : учеб. — ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. - 264 с.



массы Солнца ожидает гравитационный коллапс, так как силы, противодействующие ее гравитационному сжатию, будут значительно слабее силы притяжения, заставляющей массу звезды концентрироваться с высокой плотностью в объеме с так называемым гравитационным радиусом «черной дыры», который определяется по формуле:  $r_g = 2Gm/c^2$ , где  $G$  — гравитационная постоянная,  $c$  — скорость света,  $r_g$  — гравитационный радиус,  $m$  — масса звезды.

«Белая дыра» — это конечная стадия «черной дыры», которую ученые объясняют на основе обобщенного принципа термодинамики «черных дыр»: сумма энтропии «черной дыры» и энтропии окружающей ее среды никогда не убывает. Это означает, что некоторые частицы могут покидать ее, и тем самым «черная дыра» начинает «белеть». По существу, этот принцип говорит о тепловом характере излучений «черной дыры», и, следовательно, это излучение дает информацию о происходящих внутри нее процессах.

Теория «черных и белых дыр» продолжает развиваться. В частности, высказываются взгляды о том, что «белые дыры» — это мощный источник образования энергии-материи для галактик.

«Червоточина». Этим термином называют «черную дыру», вывернутую наизнанку в пространственно-временном смысле, как туннель в другую Вселенную. В настоящее время высказывается мнение о том, что «черные дыры» возникают в системе двойных звезд.

163

В 1943 г. американский астроном К. Сейферт обнаружил 12 галактик с активной центральной частью, ядром, генерирующим волны в диапазонах радиоволн (нетеплового) излучения. Это открытие способствовало развитию исследований внутреннего строения галактик, а также физико-химических процессов, происходящих в разных их областях (ближе к центру и на периферии).

Советский астроном И. С. Шкловский (1916—1985) выдвинул интересную гипотезу по поводу галактик К. Сейферта. Ядро галактик К. Сейферта является единым сильно намагниченным образованием, которое он назвал вращающимся плазменным телом, состоящим из нескольких слоев, движущихся с разными скоростями (магнитная энергия движения плазменных слоев превращается в энергию заряженных частиц, которые движутся в направлении вращения слоев плазмы).

Изучение галактик Сейферта на основе более совершенной техники привело к открытию в 60-х годах XX в. необычных объектов, получивших название «квазары» (лат. *quasi* — якобы), т. е. «будто» звезды.

**Квазар** — необычные объекты, которые нельзя отнести ни к галактикам, ни к звездам. Сейчас известно около тысячи квазаров. Они расположены почти равномерно по всем направлениям небесной сферы, но расположены на разных расстояниях. Свет от самого близкого квазара идет до нас за 1 млрд лет, от самого далекого — 12 млрд лет. Мощность излучения, идущего от квазара, является переменным и фиксируется в диапазоне рентгеновских волн. Считается, что размеры квазаров невелики, порядка нескольких световых дней, время жизни порядка нескольких миллионов лет. За время своей жизни квазар выделяет огромную энергию ( $10^{60}$  эрг).

### 4.1.3. Солнечная система

Солнечная система представляет собой систему «звезда — планеты». В нашей Галактике приблизительно 200 млрд звезд, среди которых, как полагают специалисты, некоторые звезды имеют планеты. В Солнечную систему входит центральное тело, Солнце, и девять планет с их спутниками (известно более 60 спутников). Диаметр Солнечной системы — более 11,7 млрд км.

В начале XXI в. в Солнечной системе обнаружен объект, который астрономы назвали Седной (имя эскимосской богини океа-

164

на). Седна имеет диаметр в 2000 км. Один ее оборот вокруг Солнца составляет

10 500 земных лет.

Некоторые астрономы называют этот объект планетой Солнечной системы. Другие астрономы называют планетами только космические объекты, имеющие центральное ядро с относительно высокой температурой. Например, температура в центре Юпитера, по расчетам, достигает 20 000 К. Поскольку в настоящее время Седна находится на расстоянии около 13 млрд км от центра Солнечной системы, то информация об этом объекте достаточно скудна. В самой дальней точке орбиты расстояние от Седны до Солнца достигает огромной величины — 130 млрд км.

В нашу звездную систему входят два пояса малых планет (астероидов). Первый находится между Марсом и Юпитером (содержит более 1 млн астероидов), второй — за орбитой планеты Нептун. Некоторые астероиды имеют диаметр более 1000 км. Внешние границы Солнечной системы окружены так называемым **облаком Оорта**, названо по имени нидерландского астронома, высказавшего в прошлом веке гипотезу о существовании этого облака. Как полагают астрономы, самый близкий к Солнечной системе край этого облака состоит из льдинок воды и метана (ядер комет), которые, подобно мельчайшим планетам, обращаются вокруг Солнца под действием его силы тяготения на расстоянии свыше 12 млрд км. Количество подобных миниатюрных планет исчисляется миллиардами.

В литературе часто встречается гипотеза о звезде-спутнике Солнца Немезиде. (Немезида в греч. мифологии является богиней, карающей за нарушение морали и законов). Некоторые астрономы утверждают, что Немезида находится на расстоянии 25 трлн км от Солнца в самой отдаленной точке своей орбиты вокруг Солнца и 5 трлн км — в самой близкой точке ее орбиты к Солнцу. Как полагают эти астрономы, прохождение Немезиды через облако Оорта вызывает катастрофы в Солнечной системе, поскольку небесные тела из этого облака попадают в Солнечную систему. Астрономы с древних времен интересуются остатками тел внеземного происхождения, метеоритами. Ежедневно, как утверждают исследователи, падает на Землю около 500 внеземных тел. В 1947 г. упал метеорит, названный Сихотэ-Алиньским (юго-восточная часть Приморского края), весом в 70 т, с образованием 100 кратеров на месте падения и множества обломков, которые были разбросаны на площади в 3 км<sup>2</sup>. Все его осколки были собраны. Более 50% падающих

165  
метеоритов — каменные метеориты, 4% — железные и 5% — железокремниевые. Среди каменных выделяют хондриты (от соответствующего греч. слова — шарик, зерно) и ахондриты. Интерес к метеоритам связан с изучением вопроса о происхождении Солнечной системы и происхождении жизни на Земле.

Наша Солнечная система делает со скоростью 240 км/с полный оборот вокруг центра Галактики за 230 млн лет. Это называется **галактическим годом**. Кроме этого, Солнечная система движется вместе со всеми объектами нашей Галактики со скоростью приблизительно 600 км/с вокруг некоторого общего гравитационного центра скопления галактик. Это означает, что скорость движения Земли относительно центра нашей галактики в несколько раз больше ее скорости относительно Солнца. Кроме этого, Солнце вращается вокруг своей оси со скоростью 2 км/с. По своему химическому составу Солнце состоит из водорода (90%), гелия (7%) и тяжелых химических элементов (2—3%). Здесь указываются приблизительные цифры. По массе атом гелия почти в 4 раза больше массы атома водорода.

**Солнце** — звезда спектрального класса **G**, располагающаяся на главной последовательности звезд диаграммы Герцшпрунга — Расселла. Масса Солнца ( $2 \cdot 10^{30}$  кг) составляет практически 98,97 % всей массы Солнечной системы, на все остальные образования в этой системе (планеты и т. д.) приходится всего лишь 2% общей массы Солнечной системы. В суммарной массе всех планет основную долю составляет масса двух планет-гигантов, Юпитера и Сатурна, около 412,45 земных масс, на остальные приходится всего лишь 34 земных массы. Масса Земли

—  $6 \cdot 10^{24}$  кг, 98% момента количества движения в Солнечной системе принадлежит планетам, а не Солнцу. Солнце — это созданный природой естественный термоядерный плазменный реактор, имеющий форму шара со средней плотностью  $1,41 \text{ кг/м}^3$ . Это означает, что средняя плотность на Солнце чуть больше плотности обычной на нашей Земле воды. Светимость Солнца ( $L$ ) равна примерно  $3,86 \cdot 10^{33}$  эрг/с. Радиус Солнца составляет округленно 700 тыс. км. Таким образом, два радиуса Солнца (диаметр) в 109 раз больше земного. Ускорение свободного падения на Солнце —  $274 \text{ м/с}^2$ , на Земле —  $9,8 \text{ м/с}^2$ . Это означает, что вторая космическая скорость для преодоления силы тяготения Солнца равна  $700 \text{ км/с}$ , для Земли —  $11,2 \text{ км/с}$ .

**Плазма** — это физическое состояние, когда ядра атомов отдельно сосуществуют с электронами. В слоенном газоплазменном

166  
образовании под действием силы гравитации происходят существенные отклонения от средних значений температуры, давления и т. д. в каждом слое Солнца.

Термоядерные реакции идут внутри Солнца в шаровой области с радиусом 230 тыс. км. В центре этой области температура около 20 млн К. Она понижается к границам этой зоны до 10 млн К. Следующая шаровая область с протяженностью 280 тыс. км имеет температуру 5 млн К. В этой области термоядерные реакции не идут, поскольку пороговая для них температура в 10 млн К. Эту область называют областью переноса лучистой энергии, идущей изнутри предшествующей области. За этой областью следует область **конвекции** (лат. *convectio* — привоз, перенесение). В области конвекции температура достигает 2 млн К.

**Конвекция** — это физический процесс переноса энергии в форме тепла определенной средой. Физические и химические свойства конвективной среды могут быть различными: жидкость, газ и т. д. Свойства этой среды определяют скорость процесса переноса энергии в форме тепла в следующую область Солнца. Конвективная область или зона имеет на Солнце протяженность приблизительно 150—200 тыс. км.

Скорость движения в конвективной среде сравнима со скоростью звука ( $300 \text{ м/с}$ ). Величина этой скорости играет большую роль в отводе тепла из недр Солнца в его последующие области (зоны) и в космос.

Солнце не взрывается в силу того, что скорость горения ядерного горючего внутри Солнца заметно меньше скорости отвода тепла в конвективной зоне, даже при очень резких выделениях энергии-массы. Конвективная зона в силу физических свойств опережает возможность взрыва: конвективная зона расширяется на несколько минут раньше возможного взрыва и тем самым переносит избыток энергии-массы в следующий слой, область Солнца. В ядре до конвективных зон Солнца плотность массы достигается большим количеством легких элементов (водорода и гелия). В конвективной зоне происходит процесс рекомбинации (образования) атомов, тем самым увеличивается молекулярная масса газа в конвективной зоне. **Рекомбинация** (лат. *recombinare* — соединять) происходит из остывающего вещества плазмы, обеспечивающей термоядерные реакции внутри Солнца. Давление в центре Солнца равно  $100 \text{ г/см}^3$ .

167  
На поверхности Солнца температура достигает приблизительно 6000 К. Таким образом, температура от конвективной зоны падает до 1 млн К и достигает 6000 К на уровне полного радиуса Солнца.

Свет — это электромагнитные волны разной длины. Область Солнца, где возникает свет, называется **фотосферой** (греч. фотос — свет). Область над фотосферой называется хромосферой (от греч. — цвет). Фотосфера занимает 200—300 км ( $0,001$  радиуса Солнца). Плотность фотосферы  $10^{-9}$ — $10^{-6} \text{ г/см}^3$ , температура фотосферы убывает от ее нижнего слоя вверх до 4,5 тыс. К. В фотосфере возникают солнечные пятна и факелы. Понижение температуры в фотосфере, т. е. в нижнем слое атмосферы Солнца, достаточно типичное явление. Следующий слой — это хромосфера, его протяженность равна 7—8 тыс. км. В

этом слое температура начинает расти до 300 тыс. К. Следующий атмосферный слой — солнечная корона — в ней температура уже достигает 1,5—2 млн К. Солнечная корона распространяется на несколько десятков радиусов Солнца и затем рассеивается в межпланетном пространстве. Эффект увеличения температуры в солнечной короне Солнца связывают с таким явлением, как «солнечный ветер». Это — газ, образующий солнечную корону, состоит в основном из протонов и электронов, скорость которых увеличивается согласно одной из точек зрения, так называемыми волнами световой активности из зоны конвекции, разогревающими корону. Каждую секунду Солнце теряет  $1/100$  часть своей массы, т. е. приблизительно 4 млн т за секунду. «Расставание» Солнца со своей энергией-массой проявляется в форме тепла, электромагнитного излучения, солнечного ветра. Чем дальше от Солнца, тем меньше вторая космическая скорость, необходимая для выхода частиц, образующих «солнечный ветер», из поля тяготения Солнца. На расстоянии Земной орбиты (150 млн км) скорость частиц солнечного ветра достигает 400 м/с. Среди множества проблем исследования Солнца важное место занимает проблема солнечной активности, с которой связан ряд таких явлений, как солнечные пятна, активность магнитного поля Солнца и солнечная радиация. Солнечные пятна образуются в фотосфере. Среднее годовое число солнечных пятен измеряется 11-летним периодом. По своей протяженности они могут достигать в поперечнике до 200 тыс. км. Температура солнечных пятен ниже, чем температура фотосферы, в которой они образуются, на 1—2 тыс. К, т. е. 4500 К и ниже. Поэтому они выглядят темными.

Появление

168

солнечных пятен связывают с изменением магнитного поля Солнца. В солнечных пятнах напряженность магнитного поля значительно выше, чем в других областях фотосферы.

#### Две точки зрения в объяснении магнитного поля Солнца:

1. Магнитное поле Солнца возникло в процессе образования Солнца. Поскольку магнитное поле упорядочивает процесс выброса энергии-массы Солнца в окружающую среду, то согласно этой позиции 11-летний цикл появления пятен не является закономерностью. В 1890 г. директор Гринвичской обсерватории (основана в 1675 г. в предместье Лондона) Э. Маудер заметил, что с 1645 по 1715 г. нет упоминаний об 11-летних циклах. Гринвичский меридиан — это нулевой меридиан, от которого ведется отсчет долгот на Земле.

2. Вторая точка зрения представляет Солнце как некую динамо-машину, в которой электрически заряженные частицы, входящие в плазму, создают мощное магнитное поле, резко возрастающее через 11-летние циклы. Существует гипотеза об особых космических условиях, в которых находится Солнце и Солнечная система. Речь идет о так называемом **коротационном** круге (англ. *corotation* — совместное вращение). В коротационном круге на определенном его радиусе, согласно некоторым исследованиям, происходит синхронное вращение спиральных рукавов и самой Галактики, что создает особые физические условия для движения структур, входящих в этот круг, где находится и Солнечная система.

В современной науке развивается точка зрения о тесной связи процессов, происходящих на Солнце, с жизнью человека на Земле. Наш соотечественник А. Л. Чижевский (1897—1964) является одним из основоположников гелиобиологии, изучающей влияние энергии Солнца на развитие живых организмов и человека. Например, исследователи обратили внимание на временные совпадения крупных событий в социальной жизни человека с периодами вспышек солнечной активности. В прошлом столетии максимум активности Солнца приходился на 1905—1907, 1917, 1928, 1938, 1947, 1968, 1979 и 1990-1991 гг.

**Происхождение Солнечной системы.** Происхождение Солнечной системы из газопылевого облака межзвездной среды (МЗС) является наиболее признанной концепцией. Высказывается мнение, что масса исходного для образования

Солнечной системы облака была равна 10 массам Солнца. В этом облаке решающим был химический его состав (около 70% составлял водород, около 30% — гелий и 1—2% — тяжелые химические элементы). Прибли-

169

зительно 5 млрд лет назад из этого облака образовалось плотное сгущение, названное **протосолнечным** диском. Как полагают, взрыв сверхновой звезды в нашей Галактике придал этому облаку динамический импульс вращения и фрагментации: образовались **протозвезда** и **протопланетный диск**. Согласно этой концепции процесс образования **протосолнца** и протопланетного диска происходил быстро, за 1 млн лет, что привело к сосредоточению всей энергии-массы будущей звездной системы в ее центральном теле, а момент количества движения — в протопланетном диске, в будущих планетах. Считается, что эволюция протопланетного диска происходила за 1 млн лет. Шло слипание частичек в центральной плоскости этого диска, которое в дальнейшем привело к образованию сгущений частиц, вначале небольших, затем — более крупных тел, которые геологи называют **планетеземалейми**. Из них, как полагают, образовались будущие планеты. Эта концепция основывается на результатах компьютерных моделей. Есть и другие концепции. Например, в одной из них говорится, что на рождение Солнца-звезды потребовалось 100 млн лет, когда в прото Солнце возникла реакция термоядерного синтеза. Согласно этой концепции планеты Солнечной системы, в частности земной группы, возникли за те же 100 млн лет, из массы, оставшейся после образования Солнца. Часть этой массы была удержана Солнцем, другая — растворилась в межзвездном пространстве.

**В январе 2004 г.** было сообщение в зарубежных изданиях об открытии в созвездии Скорпиона **звезды**, по размерам, светимости и массе подобной Солнцу. Астрономов интересует в настоящее время вопрос: есть ли у этой звезды планеты?

Существует несколько загадок в изучении Солнечной системы.

1. Гармония в движении планет. Все планеты Солнечной системы обращаются вокруг Солнца по эллиптическим орбитам. Движение всех планет Солнечной системы происходит в одной и той же плоскости, центр которой расположен в центральной части экваториальной плоскости Солнца. Плоскость, образованная орбитами планет, называется плоскостью эклиптики.

2. Все планеты и Солнце вращаются вокруг собственной оси. Оси вращения Солнца и планет, за исключением планеты Уран, направлены, грубо говоря, перпендикулярно плоскости эклиптики. Ось Урана направлена к плоскости эклиптики почти параллельно, т. е. он вращается лежа на боку. Еще его одна особенность — он вращается вокруг своей оси в другом направлении, как

170

и Венера, в отличие от Солнца и остальных планет. Все остальные планеты и Солнце вращаются против направления движения стрелки часов. Уран имеет 15 спутников.

3. Между орбитами Марса и Юпитера существует пояс малых планет. Это так называемый астероидный пояс. Малые планеты имеют в диаметре от 1 до 1000 км. Их общая масса меньше  $\frac{1}{700}$  массы Земли.

4. Все планеты делятся на две группы (земную и неземную). **Первые** — это планеты с высокой плотностью, в их химическом составе главное место занимают тяжелые химические элементы. Они невелики по размерам и медленно вращаются вокруг своей оси. К этой группе относятся Меркурий, Венера, Земля и Марс. В настоящее время высказываются предположения о том, что Венера — это прошлое Земли, а Марс — ее будущее.

Ко **второй группе** относятся: Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон. Они состоят из легких химических элементов, быстро вращаются вокруг своей оси, медленно обращаются вокруг Солнца и получают меньше лучистой энергии от Солнца. Ниже (в таблице) приводятся данные о средней температуре поверхности планет по шкале Цельсия, продолжительности дня и ночи, длительности года, диаметре планет Солнечной системы и массы планеты по отношению к массе

Лихин А. Ф. Концепции современного естествознания : учеб. — ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. -

Земли (принятой за 1).

Расстояние между орбитами планет приблизительно удваивается при переходе от каждой из них к последующей. Это было отмечено еще в 1772 г. астрономами И. Тициусом и И. Боде, отсюда появилось название «**Правило Тициуса — Боде**», соблюдаемое в расположении планет. Если принять расстояние Земли до Солнца (150 млн км) за одну астрономическую единицу, то получается следующее расположение планет от Солнца по этому правилу:

Меркурий	— 0,4 а. е.
Венера	— 0,7 а. е.
Земля	— 1 а. е.
Марс	— 1,6 а. е.
Астероиды	— 2,8 а. е.
Юпитер	— 5,2 а. е.
Сатурн	— 10,0 а. е.
Уран	— 19,6 а. е.
Нептун	— 38,8 а. е.
Плутон	— 77,2 а. е.

171

**Таблица. Данные о планетах Солнечной системы**

Планета	Средняя температура на поверхности по шкале Цельсия	Продолжительность дня и ночи	Длительность года	Диаметр, км	Масса (по отношению к земной принятой за 1)	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Состав атмосферы
<b>Меркурий</b>	90	58,65 дн.	87,96 дн.	4878	0,04	5,42	H, He
<b>Венера</b>	462	243,01 дн.	224,70 дн.	12101	0,81	5,11	CO <sub>2</sub> , N
<b>Земля</b>	14	23,93 ч	365,25 дн.	12756	1,00	5,52	N, O, CO <sub>2</sub> , Ar
<b>Марс</b>	-60	24,63 ч	686,68 дн.	6787	0,11	3,95	N, CO <sub>2</sub> , Ar
<b>Юпитер</b>	-150	9,90 ч	11,86 г	142984	316,94	1,33	H, NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub>
<b>Сатурн</b>	-180	10,67 ч	23,46 г.	120536	94,9	0,69	NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub>
<b>Уран</b>	-210	17,90 ч	84,02 г.	51118	14,66	1,56	CH <sub>4</sub>
<b>Нептун</b>	-220	19,2 ч	164,77 г.	49528	17,16	2,27	H, He, CH <sub>4</sub>
<b>Плутон</b>	-230	6,39 дн.	247,69 г.	2300	0,7	4,00	CH <sub>4</sub> , N

172

При рассмотрении истинных расстояний планет до Солнца оказывается, что Плутон в некоторые периоды находится ближе к Солнцу, чем Нептун, и, следовательно, он меняет свой порядковый номер по правилу Тициуса — Боде.

**Загадка планеты Венера.** В древних астрономических источниках возрастом в 3,5 тыс. лет (китайские, вавилонские, индийские) нет упоминаний о Венере. Американский ученый И. Великовский в книге «Сталкивающиеся миры», появившейся в 50-х гг. XX в., высказал гипотезу о том, что планета Венера заняла свое место всего лишь недавно, в период формирования древних цивилизаций. Приблизительно раз в 52 года Венера подходит близко к Земле, на расстояние 39 млн км. В период великого противостояния, каждые 175 лет, когда все планеты выстраиваются друг за другом в одном направлении, на расстояние 55 млн км Марс приближается к Земле.

Астрономы пользуются сидерическим временем для наблюдения положения звезд и других объектов неба, поскольку они появляются в ночном небе в одно и то же **сидерическое время**. **Солнечное время** — время, измеряемое

относительно Солнца. Когда Земля делает полный оборот вокруг своей оси относительно Солнца, проходят одни сутки. Если же оборот Земли рассматривать относительно звезд, то за этот оборот Земля сдвинется по своей орбите на  $\frac{1}{365}$  часть пути вокруг Солнца, т. е. на 3 мин 56 с. Это время называется сидерическим (лат. *siederis* — звезда).

## ВЫВОДЫ

1. Развитие современной астрономии постоянно расширяет знание о строении и объектах доступной для исследования Вселенной. Этим объясняется различие данных о количестве звезд, галактик и других объектах, которые приводятся в литературе.

2. Открыто несколько десятков планет, находящихся в нашей Галактике и вне ее.

3. Открытие Седны в качестве 10-й планеты Солнечной системы существенно изменяет наши представления о размерах Солнечной системы и ее взаимодействии с другими объектами нашей Галактики.

4. В целом следует сказать, что астрономия лишь со второй половины прошлого века стала изучать самые далекие объекты Вселенной на основе более современных средств наблюдения и исследования.

5. Современную астрономию интересует объяснение наблюдаемого эффекта движения (дрейфа) значительных масс вещества с большой скоростью относительно реликтового излучения. Речь идет о так называемой Великой

173

стене. Это гигантское скопление галактик, находящееся на расстоянии 500 млн световых лет от нашей Галактики. Достаточно популярное изложение подходов к объяснению этого эффекта опубликовано в статьях журнала «В мире науки»<sup>1</sup>. 6. К сожалению, в изучении космоса снова проявляются военные интересы ряда стран. Например, космическая программа США.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ

1. Формы галактик.
2. От каких факторов зависит судьба звезды?
3. Концепции образования Солнечной системы.
4. Сверхновые звезды и их роль в формировании химического состава межзвездной среды.

5. Отличие планеты от звезды.

<sup>1</sup> 2004. № 5. С. 33-66.

## Глава 4.2. БИОСФЕРА, КЛИМАТ И СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

*Основные понятия: внутреннее строение Земли, теория движения литосферных плит, биосфера и климат Земли*

### 4.2.1. Планета Земля - третья планета Солнечной системы

Среднее расстояние от Земли до Солнца составляет 149,6 млн км. Земля имеет форму сфероида — сжатый силами тяготения эллипсоид. Масса Земли —  $6 \cdot 10^{24}$  кг. Средняя плотность —  $5,5 \text{ г/см}^3$ . Средний радиус Земли приблизительно равен 6371 км (на экваторе — 6378 км, полярный полюс — 6256 км). Ускорение свободного падения на Земле (среднее значение) приблизительно равно  $9,8 \text{ м/с}^2$ . Объем Земли, без учета атмосферы и магнитосферы, составляет  $1,083 \cdot 10^{12} \text{ км}^3$ . Площадь поверхности —  $510,2 \text{ млн км}^2$ .

Динамика обращения Земли вокруг Солнца, вращения вокруг собственной оси, гравитационное взаимодействие со своим спутником Луной приводят к механизму взаимодействия между слоями Земли, порождая эффекты физического согласования, саморегуляции.

Исследователи выделяют следующие сферы Земли: **геологическая** (внутреннее строение Земли), **гидросфера**, **атмосфера**, **гляцио-сфера** (лат. *glacios* — лед), **биосфера** (сфера жизни), **антропосфера** (жизнедеятельность человека), **магнитосфера**. Большую роль в изучении геологической оболочки Земли сыграла **сейсмология** (греч. *seismos* — землетрясение, *logos* — наука).

Сейсмология изучает такие явления, как землетрясения и деятельность вулканов. Сейсмологические наблюдения за поверхностью Земли имеют глубокие исторические корни. По старинным летописям было установлено, что первый сейсмоскоп был создан еще во втором столетии нашей эры в Китае. М. В. Ломоносов в своем трактате «Слово о рождении металлов от трясения Земли» (1757) сформулировал ряд идей о физической природе землетрясения. Каждую

минуту на Земле происходят поверхностные и глубинные землетрясения (700 км вглубь от поверхности Земли), которые сопровождаются сейсмическими волнами двух видов: продольные и поперечные. При распространении продольных волн вещества, через которые они проходят, смещаются в направлении движения волны. Продольные волны распространяются в твердых телах и жидкостях, но поперечные волны — только в твердых. Связано это с тем, что эти волны вызывают смещение частиц веществ-

175

ва, где происходит их распространение, под прямым углом относительно направления их движения. Сейсмические волны как бы освещают процессы, происходящие внутри Земли. Для изучения внутреннего строения Земли используются и глубокие бурения (самая глубокая скважина находится на Кольском полуострове глубиной в 12,2 км, бурение ее было начато в СССР).

**Геологическая сфера Земли ее внутреннее строение.** В прошлом веке австралийский сейсмолог К. Буллен на основании измерения скорости сейсмических волн предложил разделить строение Земли на три области или сферы: **ядро**, **мантия** и земная **кора**. При этом Земля условно рассматривалась как шар с радиусом 6370 км, т. е. 6370 км условно рассматривались как самая глубокая точка Земли. Этот метод исследования внутреннего строения Земли в некоторых усредненных значениях используется и сегодня с определенными уточнениями. Ядро Земли делится на внешнее ядро и внутреннее. **Внутреннее ядро** находится на расстоянии от 6370 до 5120 км, температура более 4000° С, состоит, как полагают, из никеля и железа, плотность 13 г/см<sup>3</sup>. Оно является твердым. **Внешнее ядро** занимает область глубиной от 5120 до 2900 км, температура, приблизительно 3500° С. На глубине 2900 км плотность его составляет 9,9 г/см<sup>3</sup>, состоит из железа, никеля и примесей более легких химических элементов. Железо, как полагают исследователи, составляет приблизительно 35% от всей массы Земли. Во внешнем **ядре** поперечные волны исчезают и снова возникают в области внутреннего ядра, следовательно, оно находится в жидком состоянии. Ядро (внешнее и внутреннее) составляет 33% массы Земли.

**Мантия.** Следующей геологической оболочкой Земли является мантия (в буквальном переводе с греческого означает покрывало, плащ). **Мантия** — это относительно твердый слой Земли за внешней частью ее ядра. Мантия составляет 83% объема Земли и 67% — ее общей массы. Толщина этого слоя, по-видимому, около 2900 км. Внутренняя температура Земли уменьшается от центра к ее поверхности. Средняя температура мантии оценивается в интервале от 2500 до 2000° С. Мантия, как полагают, сложена в основном из оливина. Мантию подразделяют: на нижнюю, толщиной в 2000 км, и верхнюю, толщиной в 900 км. С учетом средней плотности Земли считается, что вещество мантии находится в близком к кристаллическому состоянию.

176

С процессами, происходящими в ядре и мантии Земли, геологии связывают такое явление, как магмообразование (магма в буквальном переводе с греческого — густая мазь): образование расплавленной массы вещества в глубинных слоях Земли.

**Астеносфера.** Следующим слоем Земли на границе верхней мантии является астеносфера (от слов «слабый» и «сфера» греческого происхождения). Астеносфера — переходная зона от мантии Земли к земной коре. По своему физическому состоянию (твердое, жидкое, газообразное) астеносфера имеет пониженную твердость, прочность и вязкость. Полагают, что астеносфера находится на глубине 100 км под материками, 50 км — под дном океанов и имеет свою нижнюю границу на глубине 350 км верхнего слоя мантии. На границе с мантией температура астеносферы — 1500° С, а у основания земной коры (граница Мохо) — 500° С.

В 1908 г. югославский сейсмолог А. Мохорович вычислил границу глубины, на которую погружается земная кора в мантию. Эту границу называют **границей**



**Мохо.** По существу, астеносферу отделяют от земной коры лишь на основании вязкости вещества, из которого она состоит. Вязкость этого вещества на 2—4 порядка (1 порядок — 1000 раз) ниже вязкости вещества земной коры. Граница или линия Мохо уточняется в связи новыми исследованиями.

**Литосфера** (греч. *litos* — камень) — самый тонкий слой Земли, который называют земной корой. Масса земной коры составляет всего лишь 0,05% от массы Земли и состоит в основном из 8 химических элементов: кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, калий, натрий и магний. Согласно теории А. Мохоровича земная кора имеет нижнюю границу, соприкасающуюся с астеносферой, на глубине от 35 до 45 км под равнинами суши, до 70 км — в области поверхности Земли, занятой горами, и от 5 до 10 км под дном океана.

Земная кора делится на материковую (континентальную) и океаническую.

Термины «**материк**» и «**континент**» обозначают крупные массивы земной коры, большая часть которых выступает над уровнем Мирового океана, а периферийная часть (подводная окраина материка) покрыта водами океана и граничит с земной корой океана. Материковая кора состоит из трех геологических слоев: верхний слой (осадочный), средний слой (гранитный) и нижний слой (базальтовый). Осадочный слой — это остатки живых организмов, их

177

деятельности, а также такие породы, как песок, галька и другие породы. Геологические породы состоят из минералов. **Минералы** — это природные химические соединения, которые возникли в результате физико-химических процессов в естественных условиях эволюции Земли.

Граница, пролегающая между гранитным и базальтовым слоями континентальной или материковой коры на глубине от 5 до 35 км, называется границей В. Конрада (австрийский геофизик, впервые вычисливший эту границу, которая также уточняется со временем). Материковая кора занимает всего лишь  $\frac{1}{3}$  поверхности Земли. На океаническую кору приходится  $\frac{2}{3}$  поверхности Земли. Она состоит только из двух геологических слоев: верхнего (осадочного) слоя и нижнего (базальтового) слоя. Средняя толщина (мощность) всей земной коры, как полагают исследователи, — 43 км, а океанической коры под океанами не превышает 7—8 км. Местами она увеличивается до 10—12 км и практически уменьшается до нуля в **рифтовых** ущельях срединно-океанических хребтов. **Рифт** (англ. *rift* — расщелина) — глубокие ущелья.

**Срединно-океанические хребты** — это система подводных гор с глубокими рифтами. Протяженность этой системы составляет, по разным оценкам, более 80 тыс. км и проходит через все океаны. Открыта в прошлом веке, высота гор колеблется от 2500 до 3000 м. Различают Срединно-Атлантический хребет, проходящий через середину Атлантического океана, и Тихоокеанское поднятие. Протяженность первой системы хребтов составляет 18 тыс. км. Тихоокеанское поднятие не занимает срединного положения в Тихом океане и находится в его юго-восточной части. Оно имеет большую ширину и в несколько раз превышает протяженность системы Срединно-Атлантического хребта.

**Гидросфера** — это вся вода Земли. Вода — самое распространенное вещество на Земле. Она содержится в организмах, минералах, земной коре, океанах, морях, озерах, реках и в атмосфере. Моря и океаны занимают приблизительно 70,8% поверхности Земли. Масса воды на Земле почти в 266 раз больше массы атмосферы (масса атмосферы составляет одну миллионную часть массы Земли).

Общие запасы воды на Земле в не связанном физическом и химическом состоянии составляют 1,4 млрд км<sup>3</sup>.

Столько же воды находится в различных видах природных соединений. Вода на Земле находится главным образом в океанах

178

(98%). Остальные 2% приходятся на ледники и другие воды. Океаны в основном являются холодными. Только 8% воды океана теплее 10° С, более 50% океанической воды ниже 2° С. Соленость воды океанической (средняя) — составляет 35 г/л. Средняя величина глубины мирового океана — 3800 м,

максимальная глубина — приблизительно 11 022 м. Средняя величина, на которую поднята суша над уровнем Мирового океана, приблизительно 875 м. Распределение воды в океане не является равномерным. Переход от суши к океаническому дну происходит приблизительно таким образом. При переходе от суши глубина растет медленно с уклоном в 1—2 м на километр. Это мелководье протяженностью приблизительно в 80 км, оно называется континентальным шельфом. Затем начинается крутой обрыв, и через 30—35 км от шельфа глубина доходит до 3 км. Дальше начинаются **абиссальные равнины** (лат. *abisso* — означает бездна, провал) глубиной от 2,5 до 6 км. Абиссаль пересекается изредка хребтами, глубоководными желобами и впадинами с рекордными глубинами в 10 км и свыше 11 км. Исследования осадочных пород свидетельствуют о том, что гидросфера Земли образовалась приблизительно 3,8 млрд лет тому назад и количество воды в Мировом океане не было строго постоянным и неоднократно менялось. Уровень океана падал на 100—150 м ниже современного, но по площади океан всегда преобладал над сушей.

Сегодня состав океана находится почти в полном химическом равновесии с атмосферой Земли и ее корой. Это насыщенный раствор атмосферных газов, но растворимость их в воде невелика. В нем содержится высокая концентрация углекислоты. Общая масса концентрированной углекислоты в океане в 30—100 раз больше массы всей атмосферной кислоты. Океан является мощным растворителем большей части растворимых в воде химических элементов, которые существуют на нашей планете. Система **океан — атмосфера** является своеобразной **тепловой машиной**, обеспечивающей круговорот  $\text{CO}_2$  и водяных паров над поверхностью Земли.

**Атмосфера Земли** по своему химическому составу состоит: азот — 78,1%, кислород — 20,95%, остальное — это водяные пары,  $\text{CO}_2$  и инертные газы.

Атмосфера Земли представляет слоистую сферу: тропосфера — до 12 км, стратосфера — до 45 км, мезосфера — до 80 км, термосфера — от 100 до 300 км и экзосфера — от 320 до 1000 км и выше. В тропосфере (греч. *tropos* — поворот) температура достигает над

179  
полюсами до  $-55^\circ \text{C}$  и до  $-75^\circ \text{C}$  над экватором. Затем она повышается в **стратосфере** (лат. *strat* — настил) и достигает  $0^\circ \text{C}$  на высоте 55 км. Затем снова понижается до  $-85^\circ \text{C}$  в **мезосфере** (греч. *mezo* — средней) на расстоянии около 90 км. В **термосфере** идет повышение температуры и дальнейшее снижение плотности воздуха (до  $0,001 \text{ г/м}^3$ ). На высоте 400 км температура больше  $1000^\circ \text{C}$ . Этот слой атмосферы с высокой температурой не влияет существенно на внутреннюю температуру международной космической станции, которая находится на такой высоте. Атмосфера вращается вместе с Землей. На высоте от 20 км и почти до 60 км существует в атмосфере озонный слой ( $\text{O}_3$ ), который поглощает вредное для всех живых организмов коротковолновое излучение в диапазоне длины волны 220—290 нм (нанометров).

**Гляциосфера Земли** (лат. *glacios* — лед). Снежный покров и ледники выполняют важную роль на Земле:

1. Они отражают значительную часть солнечной радиации и тем самым охлаждают воздух атмосферы.

2. В них содержится огромный запас холода (втрое превышает поступление тепла от Солнца и самой Земли), идущего из ее недр в течение года.

3. В них содержится  $\frac{2}{3}$  запас пресной воды Земли. Современные ледники покрывают площадь свыше 16 млн  $\text{км}^2$  (11%, суши), а с учетом подземных льдов и плавающих льдов — 100 млн  $\text{км}^2$  (19,6% земной поверхности). Выпадающий ежегодно снег покрывает 125 млн  $\text{км}^2$ , из которых  $\frac{2}{3}$  приходится на сушу. Почти 17% выпадающего ежегодно снега идет на подкормку ледников. Самыми крупными ледниками на Земле являются Антарктический и Гренландский. Первый занимает 90% Антарктиды, его толщина (мощность) колеблется от нескольких сотен до 4000 м. Второй занимает 80% Гренландии, его толщина

достигает около 3400 м. Специалисты по **геокриологии** (греч. *kryos* — холод, мороз) утверждают, что за последние 600 млн лет на Земле было 17 периодов оледенения, когда льдом покрывалось примерно 30% суши. Последнее оледенение было, как полагают специалисты, 40 тыс. лет назад и продолжалось до 18 или 10 тыс. лет. Получается, что человек живет в относительно комфортных климатических условиях почти 10 тыс. лет. Ученых интересуют также мерзлоты (зоны вечной мерзлоты). Они составляют почти 25% всей поверхности Земли, а в России они занимают 50% ее территории. Как поведут себя мерзлоты в период повышения поверхностной температуры Земли?

180

**Термин «биосфера»** был введен в 1875 г. австрийским геологом и зоологом Э. Зюссом. Учение о биосфере было создано в 1926 г. В. И. Вернадским. Биосфера (греч. *bios* — жизнь и *sphaira* — шар) — это область живого вещества, жизни на нашей планете. Современные исследования установили значительную роль биосферы в круговороте вещества на Земле (растения поглощают CO<sub>2</sub> и производят кислород, которым дышат животные, микроорганизмы и бактерии, участвующие в образовании осадочных пород и т. д.).

Согласно учению В. И. Вернадского биосфера является целостным, многоуровневым образованием. Общая толщина слоя биосферы составляет 17 км. В глубь литосферы живые организмы проникают на 6,5—7 км, в гидросфере они проникают на глубину свыше 11 км. В атмосфере живые организмы живут под озоновым слоем, который задерживает (экранирует) ультрафиолетовое излучение, губительное для всего живого.

В биосферу, по В. И. Вернадскому, входят:

- живое вещество — совокупность всех живых организмов, населяющих планету (это где-то 0,02—0,03% от общей массы неживого вещества Земли);
- косное вещество — вещество, не связанное с жизнедеятельностью живых организмов;
- биогенное вещество, образовавшееся в результате деятельности живых организмов (кислород атмосферы, уголь, газ, нефть, осадочные породы и т. д.);
- биокосное вещество — это результат воздействия косного вещества (физико-химические процессы в геологических породах) и живого вещества.

Развитие учения о биосфере, по В. И. Вернадскому, позволило прояснить механизм взаимодействия живого и неживого на Земле, а также роль этого механизма в регуляции климата на Земле. Фактически оказалось, что механизм круговорота энергии, вещества, излучения в форме теплового обмена на Земле является чрезвычайно тонким и высокочувствительным, поэтому наше представление о том, что ничего не произойдет, все восстановится, является опрометчивым, опасным, губительным для последующих поколений. Так, например, при оценочной величине радиационной температуры (без учета энергии Солнца) всей Земли в —16° С, температуры Мирового океана в 3—5° С и поверхностной температуры Земли в 14° С (речь идет о средних величинах) глав-

181

ная нагрузка на удержание тепла на Земле выпадает на водные пары, CO<sub>2</sub> и некоторые другие «парниковые» газы в атмосфере Земли. Именно они создают «парниковый» эффект: не пропускают тепло Земли (тепловые волны, инфракрасное излучение) в околоземное пространство. Это подтверждается исследованиями из космоса. Таким образом, содержание водных паров, CO<sub>2</sub> и других «парниковых» газов существенно влияет на климат Земли: увеличение CO<sub>2</sub> в атмосфере ведет к потеплению, уменьшение — к похолоданию. Как показали современные исследования, содержание CO<sub>2</sub> в атмосфере регулируется биохимическими факторами биосферы: увеличение CO<sub>2</sub> ведет к увеличению растительного океанического и материкового мира.

Наблюдения из космоса уже в начале XXI в. показали, что наша планета стала намного зеленее, поскольку содержание CO<sub>2</sub> в атмосфере увеличено за счет выбросов «парниковых» газов промышленностью. По современным оценкам, Земля получает тепла изнутри на четыре порядка меньше, чем от Солнца.

**Магнитосфера Земли** — это область околопланетного пространства Земли. Магнитная сфера Земли с дневной стороны (обращенной к Солнцу) распространяется от 6 до 14 радиусов Земли, с ночной стороны она образует нечто подобное «хвосту» кометы в несколько сот земных радиусов. Именно магнитная сфера соприкасается с потоком космических частиц (в том числе с частицами солнечного ветра), уменьшая их энергию. Вращение Земли вокруг своей оси делает заметными изменения в магнитной сфере.

**Антропосфера.** Сфера деятельности человека в историческом времени. Сегодня человечество оказывает большое воздействие на биосферу Земли. Ежегодно в атмосферу выбрасывается более 200 млн т углерода, 146 млн т диоксида серы, более 250 млн т пыли. В водоемы ежегодно поступает 32 млрд м<sup>3</sup> неочищенных стоков и около 10 млн т нефти. К сожалению, этот список можно продолжить.

#### 4.2.2. Концепции и теории происхождения и эволюции Земли

**Абсолютная геохронологическая шкала.** В этой шкале речь идет о концептуальном представлении знаний о нашей планете на основе развития ряда гипотез и учений. Кратко об истории возникновения этих гипотез и учений.

182

К концу XVIII в. сформировались две гипотезы, в которых выражалось отношение к библейскому учению о сотворении Богом нашей планеты: **нептунисты** (Нептун — бог морей в римской мифологии) и **плутонисты** (Плутон — бог подземного царства).

А. Вернер (1749—1817) — немецкий геолог, занимавшийся классификацией геологических пород, исходил из признания библейской идеи о Всемирном потопе. Он полагал, что земная твердь вначале была покрыта океаном и с отступлением его останки животных, растений, солей, привели к образованию геологических слоев земной поверхности. На это ушло, согласно гипотезе, несколько миллионов лет.

Дж. Геттон (1726—1807) — шотландский геолог. Он считал, что образование геологических пород земной коры связано с вулканической деятельностью, обусловленной внутренними процессами, идущими из центра Земли. Нептунисты и плутонисты высказывали, по существу, эволюционные идеи происхождения земной коры.

Одним из авторов эволюционной идеи происхождения Земли и развития на ней жизни является французский зоолог Ж. Леклерк (граф Бюффон), живший в XVIII в. О его эволюционной идее уже говорилось раньше. Шведский биолог Карл Линней — автор первой классификации растений и животных — высказал биологическую гипотезу, которая оказала большое влияние на развитие геологии. Он утверждал, что биологические роды возникли на Земле по отдельности в определенное исходное время и с тех пор не изменяются, поскольку изменения касаются только видов как вариантов родов. Останки растений и животных были использованы геологами для ведения хронологии образования геологических слоев, пород на Земле: 1) продолжительность (средняя) жизни видов можно установить на основе систематических наблюдений; 2) кроме того, было допущено предположение о том, что исходные первоначальные геологические породы не меняются, как и биологические роды в биологии К. Линнея. Из этого предположения следовало, что геологические силы в геологическом прошлом Земли продолжают действовать и в геологическом настоящем.

Гипотеза, которая утверждает сохранение, неизменность некоторого единообразия (биологического или геологического) в актуальном настоящем и далеком прошлом, называется **униформизмом** (лат. *uniformis* — единообразие). **Униформизм** не отрицает изменений в геологических и биологических процессах, но отдает предпочтение изменениям медленным, постепенным во времени.

183

Развитие эволюционной геологии связано с именем английского геолога Ч. Лайеля (1787—1875). Считается, что он заложил основы эволюционной геологии. Его теория получила название теории единообразных изменений в геологии. В этой теории главный акцент сделан на механизме медленного, не скачкообразного действия единых естественно-природных факторов на формирование геологических пород Земли и вообще всего развития на Земле.

Конкурирующей гипотезой униформизму была гипотеза, получившая название **катастрофической**. Автором этой гипотезы является французский зоолог, специалист по сравнительной анатомии и палеонтологии Ж. Кювье (1769—1832).

Изучая останки живого мира в геологических пластах, он обнаружил «провалы» и «разрывы» в эволюции растений, животных, живых организмов: более поздние геологические пласты содержали останки живого мира, которые не имели принципиального сходства с останками в более ранних геологических пластах. Ж. Кювье объяснял этот факт периодическими катастрофами на Земле.

Обе гипотезы, о которых говорилось выше, внесли определенный вклад в развитие знаний о Земле. Однако лежащие в их основе знания и методы исследования были явно недостаточными для объяснения проблем исследования нашей планеты. В конце XIX в. и в первых десятилетиях XX в. произошло много событий в науке, которые способствовали развитию знаний о Земле. В биологии появились эволюционная теория Ч. Дарвина (1809—1882) и генетика Г. Менделя. В физике было открыто явление радиоактивности. Последнее явление позволило ирландскому ученому Д. Джоли оценить важность его в объяснении процессов, происходящих внутри Земли. Он высказал в 1909 г. гипотезу, согласно которой радиоактивный распад атомов радиоактивных элементов является причиной наличия большой температуры внутри Земли и деятельности вулканов. В 1909 г. выдающийся ученый В. И. Вернадский заложил основы геохимии. На смену униформизму и катастрофической гипотезе Ж. Кювье пришли новые естественнонаучные гипотезы и теории, в которых использовались достижения современной науки.

В конце XIX в. знаменитый норвежский исследователь Арктики Ф. Нансен дал объяснение влияния действия ветрового напряжения и ускорения Кориолиса на направление течения в океане: дрейф его судна происходил не в направлении ветра, а под углом в  $20^\circ$ — $40^\circ$  вправо от направления ветра. Кориолиса ускорение оз-

184  
начает поворотное ускорение. Этот понятие ввел французский ученый Кориолис Густав Гаспар (1792—1843).

В 1905 г. шведский ученый В. Экман построил теорию ветрового течения в открытом глубоком океане, так называемая спираль Экмана: на глубине вода течет в сторону, противоположную поверхностному течению. Исследования Ф. Нансена и В. Экмана способствовали изучению физики течений воды в океанах, морях и влияния этих течений на теплообмен Земли.

Важным событием в изучении Земли было создание в 1881 г. **временной шкалы формирования геологических слоев Земли** и развития живых организмов на Земле. Эта шкала с учетом современной геохимии, биохимии, геофизики выглядит таким образом.

На основе оценки возраста геологических пород и останков организмов Земли методом измерения скорости радиоактивного распада ряда химических элементов устанавливается возраст Земли в 4,5 ( $\pm 50$  млн) млрд лет. Этот возраст разбивается на ряд последовательных интервалов.

**Эоны** (в вольном переводе соответствующего древнегреческого термина означает длительные интервалы образования геологических пород) — это два длительных интервала: **фанерозой** (в буквальном переводе — явная жизнь) занимает время продолжительностью в 570 млн лет; **криптозой** (греч. *kripto* — скрытый и *zoe* — жизнь) имеет продолжительность от 570 млн до 3 млрд 800 млн лет.

**Эон фанерозой** делится на эры: палеозой, мезозой и кайнозой (при буквальном переводе соответствующих терминов с греческого языка означает древняя жизнь, средняя жизнь, заря жизни). Продолжительность эры палеозой от 570 до 130 млн лет, эра мезозой — от 130 до 67 млн лет, эра кайнозой — от 67 млн лет до настоящего времени.

Эон **криптозой** делится на эру **протерозой** (более древняя жизнь) и эру **архезой** (самая древняя жизнь). В этой шкале слово «жизнь» означает период в образовании геологических пород и связанное с ним зарождение форм жизни.

**Эра кайнозойская**, самая близкая современному периоду развития Земли, подразделяется на периоды:

1. **Палеогеновый** (древнее рождение, возраст) имеет начало 67 млн лет тому назад и продолжался около 42 млн лет.

2. **Неогеновый** (новое рождение) начался 25 млн лет тому назад. Продолжался 23,5 млн лет.

185  
3. **Антропогеновый** (греч. *antropos* — человек, относящийся к происхождению человека) начинается, по разным оценкам, от 3,5 до 1,5 млн лет, продолжительностью от 600 тыс. до 3,5 млн лет. Этот период иначе называют четверичным периодом. В нем выделяются относительно короткие отрезки времени или эпохи (греч. *epoche* — остановка): **плейстоцен** (наибольший новый) и **голоцен** (весь новый). Плейстоцен характеризует время возникновения обширных оледенений в Северной Европе. Голоцен — послеледниковая эпоха, является незаконченным отрезком времени современной геологической истории Земли, начинается с окончанием последнего материкового оледенения Северной Европы. Согласно современным данным разных источников появление живых систем на Земле представляется следующим образом: появление первых прокариотов — 3,85 млрд лет тому назад; первые водоросли (бактерии) — 2,5 млрд лет; наличие кислорода в атмосфере Земли в свободном виде — 2 млрд лет тому назад; появление червеобразных форм жизни — 1,8 млрд лет; появление многоклеточных растений — 800 млн лет тому назад; возникновение бесскелетной фауны — 670 млн лет; скелетная фауна возникла 570 млн лет тому назад; 560 млн лет тому назад содержание кислорода составляло  $\frac{1}{3}$  часть от современного в атмосфере Земли; появление наземных растений — 480 млн лет; появление рыб — 420 млн лет; появление млекопитающих — 240 млн лет; появления человека-разумного — 100—150 тыс. лет назад.

### 4.2.3. Теория литосферных плит

В 1912 г. немецкий геофизик А. Вегенер (1880—1930) привел геологические и географические доказательства о существовании единого материка в историческом прошлом Земли. До него, еще в XIX в., высказывалась аналогичная идея: сравнение очертаний материков говорило в пользу того, что когда-то они составляли один материк. А. Вегенер назвал этот материк Пангеей. Греческое слово пангея означает вся Земля. А. Вегенер утверждал, что 135 млн лет тому назад Пангея распалась на два материка: Лавразию (северная часть) и Гондвану (южная часть). Эта гипотеза получила название **мобилизма** (лат. *mobilis* — подвижный).

Во второй половине прошлого века эта гипотеза стала теорией. Из космоса зафиксировано движение литосферных плит. Сегодня доказано, что земная кора состоит из 15 **литосферных плит**, из которых 6 являются самыми крупными: Антарктическая, Австралий-

186  
ская, Южноамериканская, Тихоокеанская, Североамериканская и Евразийская. По разным оценкам, плиты двигаются со скоростью от миллиметра до 10—18 см в год. Движение плит состоит из: спрединга (англ. *spreading* — расхождение) и **субдукции** (лат. *sab* — под и *dicto* — введение).

Первый процесс — это расхождение плит, второй — погружение одной плиты

под другую. В целом размеры Земли являются постоянными благодаря действующим на Земле геофизическим полям (гравитационному, магнитному, электрическому и тепловому). Поэтому расширяющаяся от срединно-океанической системы хребтов океаническая кора не может расширяться до бесконечности. Океаническая плита, сталкиваясь с материковой литосферной плитой, погружается под материковую. Плотность материковых плит меньше плотности океанических, поэтому материковая плита поднимается над океанической, которая погружается под материковую в мантию на глубину до 670 км. Согласно некоторым исследованиям мощность литосферных плит колеблется от 150 до 350 км под материками и от 5 до 90 км под океанами. Столкновение материковых плит приводит к образованию систем горных хребтов типа Гималаев и Кавказа. Граница, где происходит погружение океанических плит под материковые плиты, ярко выражена по периферии Тихого океана. Протяженность всей границы субдукции плит достигает 60 тыс. км.

Российский ученый В. Трубицин разработал гипотезу о механизме плавания литосферных плит, согласно которой эти плиты являются как бы крышками, накрывающими идущие из Земли горячие потоки вещества, названные **плюмами**. Нагревая плиты снизу, энергия плюмов преобразуется в механическое движение литосферных плит от более нагретой плиты к менее нагретой области земной коры.

Гипотеза В. Трубицина, члена-корреспондента РАН, интересно изложена в журнале «Вокруг Света»<sup>1</sup>.

Согласно исследованиям этого автора материки уже 4 раза объединялись у Южного географического полюса за всю геологическую историю Земли и снова объединятся через 1 млрд лет у того же полюса. Измерения возраста океанической коры показали, что она значительно моложе материковой. Возраст ее приблизительно 180 млн лет. Далее, в области срединно-океанических хребтов, где

<sup>1</sup> 2003. № 1 (2748). С. 60.

187

происходит взаимодействие плит, температура воды выше, чем в других областях океана. Эти факты подтверждают движение литосферных плит.

#### 4.2.4. Гипотезы образования Земли

В научной литературе речь идет в основном о двух конкурирующих гипотезах: гетерогенной и **гомогенной**. Гетерогенной гипотезой утверждается, что в протопланетном диске первоначально происходило слипание тугоплавких частиц, содержащих железо и никель, из которых вначале образовалось ядро нашей планеты. Образование Земли происходило в три стадии слипания, или аккрекции (лат. *accretio* — увеличение), исходного вещества Земли. Первая длилась приблизительно 100 млн лет. На этой стадии радиус Земли составил почти 95% от настоящего. Вторая длилась 200 млн лет. Третья — 400 млн лет и закончилась приблизительно 3,9 млрд лет тому назад. Эта гипотеза согласуется с современными радиологическими оценками возраста древних пород. Возраст Земли оценивается в 4,66 млрд лет. Возраст самых древних на Земле минералов — в 4,0—4,4 млрд лет.

Представители **гомогенной** гипотезы утверждают, что первоначально Земля была однородной. Ядро нашей планеты возникло позднее. Не все в этих гипотезах является ясным: какое влияние оказывало Солнце на образование Земли? откуда на Земле взялся гелий?

Гелий впервые был обнаружен на Солнце. Он является инертным газом. В обычных условиях не вступает в реакции ни с одним из элементов таблицы Менделеева. В 30-х годах было установлено, что у него есть два изотопа — гелий-3 и гелий-4, отличающиеся друг от друга одним нейтроном.

Измерение соотношения содержания гелия-3 и гелия-4 в земных породах и в атмосфере Земли привело ученых к предположению о том, что чем глубже к

центру Земли, тем больше должно быть в породах гелия-4. Гелий-4, как говорят геологи, контролирует глубинные разломы Земли, из которых он выходит. Однако эксперименты не подтвердили эту гипотезу, поскольку процентное соотношение этих изотопов сохраняется по мере проникновения в глубь Земли.

На основании этих экспериментов была высказана гипотеза о том, что при образовании Земли ее температура была невысокой, поскольку, если она была бы высокой, гелий должен был бы улетучиться в окружающую среду. Гелий-4 образуется при распаде радиоактивных минералов. Согласно этой гипотезе гелий-3 в ман-

188

тии Земли имеет солнечную природу, т. е. им было «пропитано» все исходное вещество, из которого образовалась Земля на первой стадии ее возникновения. Если бы гелий-3 был вне мантии, в более высоких слоях Земли, то он давно бы улетучился, поскольку его содержание в атмосфере Земли меньше, чем гелия-4. Из мантии ему выбраться сложнее, поэтому он там сохраняется в процентном отношении, близком к содержанию гелия-4, образующегося в результате распада радиоактивных химических элементов внутри геологических слоев Земли.

#### 4.2.5. Концепция происхождения Луны

Луна — спутник Земли. Масса ее составляет  $\frac{1}{81,3}$  массы Земли. Это обстоятельство является необычным. У всех других планет Солнечной системы, имеющих спутники, за исключением Плутона, отношение массы их спутников к массе планеты не составляет и тысячной доли. Среднее расстояние до Луны равно 384 400 км, т. е. в 60 раз больше земного радиуса. Радиус Луны 1738 км. Ускорение силы тяжести на поверхности —  $1,62 \text{ м/с}^2$ . Средняя плотность —  $3350 \text{ кг/м}^3$ . Луна светит отраженным солнечным светом. Альbedo Луны — 0,067%. Лунный грунт состоит из мелкозернистого обломочно-пылевого вещества метеоритного происхождения. Температура на Луне колеблется от 120 до 407 К в зависимости от обращения ее поверхности к Солнцу. Луна имеет магнитное поле, но не имеет атмосферы. Как небесное тело, Луна вращается вокруг своей оси и обращается вокруг Земли по эллиптической орбите. Угол наклона оси вращения Луны к плоскости эклиптики составляет  $5^{\circ}8'7''$ . Причиной затмений является почти совпадение угловых диаметров Солнца и Луны при наблюдении с поверхности Земли. Солнечные затмения случаются примерно 43 раза за 18 лет. Движение Луны вокруг Земли приводит не только к лунным и солнечным затмениям, но и к более существенным процессам на Земле. Сила, действующая между Луной и Землей, определяется массой этих небесных тел и расстоянием между ними. Луна обращается вокруг Земли за 27,3 суток под действием силы тяготения со стороны Земли, с другой стороны — сила тяготения Луны действует на Землю, вызывая явление, которое называется **прецессией** (позднелат. *preaccessio* — движение вперед). Прецессия — это медленное движение оси вращения Земли по круговому конусу. Ось этого конуса перпендикулярна плоскости орбиты Земли, а угол между осью, образующей конус, составляет  $23^{\circ}27'$  Земля, как вращаю-

189

щееся тело, имеет прецессию под влиянием силы тяготения Солнца, но наличие Луны делает период прецессии Земли равным 26 тыс. лет, а не 100 тыс. лет, если бы не было Луны. Прецессия — сложное явление, но с ним связано изменение освещенности поверхности Земли, которое за достаточно большой период становится заметным на климате Земли. Наличие силы тяготения Луны приводит к искажению формы Земли и замедлению вращения Земли. В точках или областях Земли, которые находятся на близких расстояниях к Луне, происходит вытягивание этих точек или областей. Этим явлением объясняется наличие приливов и отливов на Земле. Скорость вращения Земли существенно больше скорости обращения Луны вокруг Земли. Поэтому сила тяготения Луны, вытягивающая вещество Земли в направлении Луны, вызывает эффект



торможения при вращении Земли. В то же время происходит эффект удаления Луны от Земли на расстояние приблизительно 1 см в год. Существует несколько гипотез возникновения Луны:

1. Возникла одновременно и отдельно от Земли в протопланетном диске, поскольку вулканические лунные породы имеют возраст около 4,5—4,4 млрд лет.
2. Луна возникла из какого-то отдельного облака.
3. Луна была выбита из Земли каким-то космическим телом.
4. Луна возникла из слипания обломков какого-то разрушившегося космического тела при его приближении к Земле на расстояние, где сила тяготения Земли на эти обломки не действовала.

#### 4.2.6. Климат Земли

Термин «климат» имеет греческое происхождение и буквально означает наклон. Древние греки правильно оценили значение наклона угла, под которым лучи Солнца достигают поверхности Земли. Действительно, тепло на Земле поступает из недр Земли, которое обеспечивает так называемую радиационную температуру Земли. Эта температура без учета других источников тепла не превышает — 16° С. От Солнца наша планета получает тепла в несколько порядков больше, чем из внутреннего источника энергии. Почти 30% солнечной энергии отражается от поверхности Земли ее океанами, ледниками и другими ее областями. Тепло на нашей планете обеспечивается в основном «парниковыми газами», которые образуют в атмосфере оболочку, как парниковую пленку, удерживающую тепловые волны от поверхности Земли, не давая им уйти в космос. Понятие климата включает в свое содержание совокуп-

ность факторов (температура, атмосферное давление и другие), от которых зависит, грубо говоря, существования жизни на Земле. Например, на Марсе средняя температура достигает —60° С, на Плутоне — -230° С. Хотя условия жизни для живых существ существенно различаются (например, некоторые бактерии комфортно чувствуют себя при температуре +400° С), тем не менее в понятие климата вкладывается главным образом фактор возникновения и развития жизни.

**Климат Земли** зависит от множества факторов: от места нахождения Солнечной системы в Галактике, интенсивности солнечного излучения, физического, химического, геологического строения Земли и от других факторов, среди которых особое внимание заслуживает человеческий фактор — воздействие человека на окружающую среду.

В 20-х годах XX в. югославский астроном М. Миланкович предложил математическую теорию климата, которая способствовала развитию науки о климате, климатологи. В этой теории учитывается гравитационное взаимодействие между вращающимися и обращающимися вокруг общего центра телами. Миланкович в своей теории проанализировал совместное взаимодействие трех факторов, которые влияют на изменение освещенности Земли Солнцем:

- 1) изменение наклона оси вращения Земли;
- 2) изменение эксцентриситета орбиты Земли (изменение формы орбиты Земли от выпуклой до круглой);
- 3) явление прецессии.

Наклон оси вращения Земли определяет наличие на Земле времен года. Наклон оси вращения колеблется от 21,5° до 24,5°. Согласно вычислениям М. Миланковича изменение наклона оси происходит с периодом в 41 тыс. лет. Сегодня угол наклона оси вращения Земли составляет приблизительно 23,5°. Мощность светового излучения, получаемая Землей от Солнца, обратно пропорциональна расстоянию от поверхности Земли до Солнца. Угол наклона оси вращения Земли делает одни области более обогреваемыми, другие — менее.

К изменению наклона оси вращения Земли может привести столкновение Земли с астероидом. Вероятность падения астероидов на Землю оценивается по-

разному: некоторые специалисты утверждают, что каждые несколько миллионов лет падает на Землю один астероид диаметром 0,1 — 10 км, другие — каждые миллион лет падают три астероида диаметром в 1 км и один астероид с диаметром 10 км через 10—100 млн лет. Вымирание 60 млн лет

191

тому назад динозавров связывают преимущественно со столкновением Земли с крупным астероидом, которое вызывало резкое похолодание, изменение климата, в условиях которого могли выжить животные с небольшой массой тела.

Согласно вычислениям Миланковича изменение формы орбиты Земли от эллиптической формы до почти круговой формы орбиты происходит с периодом в 100 тыс. лет. На круговой орбите Земля получает больше солнечной энергии, чем на эллиптической орбите. Греческое слово «*elleipsis*» означает опущение, изъян или недостаток.

Что касается прецессии, то утверждается, что она изменяется с периодом в 26 тыс. лет.

## ВЫВОДЫ

1. Спектральный анализ ледниковых отложений позволил установить несколько пиков в формировании объемов льда: 100 000-летний, 40 000-летний и 20 000-летний. Эти факты свидетельствуют в пользу теории Миланковича.

2. По современным данным, альbedo (лат. *albus* - белый) Земли составляет 28-30%. Это означает, что такое количество солнечной энергии Земля возвращает в космическое пространство Солнечной системы из общего количества солнечной энергии, которое достигает поверхности нашей планеты. Солнечные лучи отражают облака, ледники, гладь поверхности океана и т. д.

3. Гипотеза о движении литосферных плит Земли стала в настоящее время теорией.

4. Существующие концепции происхождения Земли находят частичное подтверждение фактами.

5. Наша планета является удивительно отлаженной системой взаимодействующих в ней относительно самостоятельных структур. Поэтому современный человек просто обязан знать эти механизмы, придающие нашей планете такие свойства, которые привели к возникновению на ней жизни.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ

1. Внутреннее строение Земли.
2. Роль гидросферы и атмосферы в существовании жизни на Земле.
3. Теория движения литосферных плит.
4. Учение В. И. Вернадского о биосфере Земли.
5. Климат Земли.

## Глава 4.3. ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

*Основные понятия: уровни организации живого, существенные свойства живых систем, генетика, ген, генетический код, геном человека, клонирование, определения жизни*

### 4.3.1. Наукой о живых системах является биология

Длительное время биология была описательной наукой. Начиная со второй половины прошлого века, она создала значительный теоретический и экспериментальный задел, который позволяет ей по-новому рассмотреть содержание таких фундаментальных понятий, как строение, состав, свойства живых систем, эволюция и ряд других. Большую роль в развитии биологии (науки предсказательной, теоретической) сыграла генетика и особенно работы по **секвенированию** (от соответ. латинского слова — следование) и расшифровке генома человека, начатые в 1988 г. по программе «Геном человека» Национального института здоровья (США), объединившей усилия ученых многих стран, включая некоторых ученых из нашей страны. В апреле 2003 г. ученые сообщили о полном черновом варианте расшифровки генома человека.

Исследователи, изучающие отличие живого и неживого, сравнивают живое и неживое по трем основаниям: **вещественным, структурно-организационным и функциональным**. В вещественном сравнении живые организмы так же, как и неживые, состоят из атомов химических элементов и представляют собою дискретное в пространстве и времени вещество. Принадлежат ли живому какие-то особые поля, свойственные только живым системам, этот вопрос давно

Лихин А. Ф. Концепции современного естествознания : учеб. — ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. -

обсуждается. Однако естественными науками такие поля не обнаружены.

**В структурно-организационном плане живое существенно отличается от неживых систем.**

Все живые организмы являются сложными системами и имеют свойственные только им структурные и организационные особенности. Они имеют клеточное строение, исключая вирусы, обмен веществ. Они способны к размножению, изменению во времени. У всех живых систем имеется единая система записи генетической информации (генетический код). **Генетическая информация** — это программа свойств организма, получаемая от предков и заложенная в наследственных структурах в виде генетического кода. Генетическая информация определяет морфологическое строение, рост, развитие, обмен веществ, психический склад, предрасполо-

193

женность к заболеваниям и генетические болезни организма (определение генетического кода дается ниже). Организмы представляют собой единство целостности и дискретности. Находясь в энергетической зависимости от окружающей среды, они способны защищаться от вредных воздействий на организм, угрожающих его существованию. Они имеют раздражимость в качестве общего механизма адекватного реагирования на изменения окружающей среды и поведения других организмов.

**Функция** (лат. *functio* — исполнение) — совокупная деятельность организма, его существование. **В функциональном сравнении живые организмы принципиально отличны от неживых тел.** Они являются уникальными системами хранения, обработки и использования информации (лат. *informatio* — разъяснение, изложение). Информация применительно к организмам означает передачу признаков и обмен сигналами от клетки к клетке, от организма к организму. Функциональное различие организмов и неживых тел интересно изложено в книге А. Шилейко и Т. Шилейко. «Информация и интуиция»<sup>1</sup>.

#### 4.3.2. Уровни организационной сложности живых систем

Живые системы или организмы существуют в виде огромного многообразия одноклеточных и многоклеточных организмов. **Живое вещество**, как утверждал В. И. Вернадский, есть самая мощная геологическая сила биосферы, растущая с ходом времени. Оно не случайно и независимо от нее. Оно есть проявление физико-химической организованности биосферы. Сложность строения и организации живых систем проявляется на уровнях организации живого.

**Молекулярный.** Как бы ни была сложна живая система, организм, он состоит из определенных химических элементов и органических молекул. На этом уровне происходят многообразные биохимические процессы жизнедеятельности организма (обмен веществ и превращение энергии, запись, кодирование наследственной информации и др.). Этот уровень является биохимической основой таких свойств организмов, как онтогенез, или индивидуальное развитие конкретного организма, **филогенез** (эволюционное развитие), единство целостности и дискретности организмов.

<sup>1</sup> М.: Молодая гвардия, 1983. С. 135.

194

Все организмы, начиная с одноклеточных организмов, состоят из относительно обособленных элементов. Элементы организма тесно взаимосвязаны между собою организационно и подчиняются определенным законам, которые образуют живое как единое целое. **Организация, организованность являются важнейшими свойствами живого.**

**Тканевый уровень** (система тканей, их строение и функции).

**Органный уровень** (изучается строение, функции органов живой системы).

**Организмический уровень** (изучаются свойства и признаки организмов).

**Популяционно-видовой уровень** (исследуются особи одного вида, включая генетические аспекты).

**Биоценотический уровень** (взаимодействие видов на одной территории).

**Биосферный уровень** (самый высокий уровень организационной сложности взаимодействия живых систем на Земле).

**Ноосферный уровень** по В. И. Вернадскому: «Все человечество, вместе взятое, представляет ничтожную массу вещества планеты. Мощь его связана не с его материей, но с его мозгом, с его разумом и направленным этим разумом трудом... Ноосфера есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней впервые человек становится крупнейшей геологической силой. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью свою жизнь»<sup>1</sup>.

Учение В. И. Вернадского о биосфере и его учение о ноосфере оказали большое влияние на развитие современной концепции происхождения жизни и на развитие биологии. Он сформулировал ряд важных принципов и правил взаимодействия подсистем биосферы: принцип целостности, принцип гармонии, правило инерции (распространение живого в биосфере) и другие.

### 4.3.3. Единство химического состава всего живого

В состав всех живых тел входят те же химические элементы, что и в неживые тела. Однако их соотношение различно. Основными химическими элементами живых тел являются водород, углерод, кислород, азот, фосфор. В клетку живого организма входит более 80 химических элементов, но среди химических элементов, из ко-

<sup>1</sup> Цит. по: *Баландин Р.* Вернадский: жизнь, мысль, бессмертие. М.: Знание, 1979. С. 111.

торых состоят все клетки живых организмов, нет химических элементов, характерных только для живого. В сухой массе клетки живого содержится: кислород — 65—75%, углерод — 15—18%, водород — 8—10%, азот — 1,5—3%, кальций — 0,04—2%, фосфор — 0,20—1%. Леонардо да Винчи называл живой организм одушевленной водой. В определенном смысле он был прав: вода занимает от 75 до 85% общей не сухой массы клетки. Далее идут белки — 10—20%, жиры — 1—5%, углеводы — 0,2—2%, нуклеиновые кислоты — 1—2%, низкомолекулярные органические соединения — 0,1—0,5% и, наконец, неорганические вещества — 1—2%.

Человек весом 65 кг содержит в своем теле 40 л воды в составе клеток, внеклеточных жидкостей, свободном состоянии и т. д. Кровь человека на 80% состоит из воды, мозг — на 89%, мышца — на 70%, кости — на 20%. Человек потребляет за всю свою жизнь (средний показатель) более 25 т пресной воды. Потеря воды организмом человека на 20—25% ведет к смерти. Тело 3-месячного эмбриона человека состоит на 95% из воды, новорожденного ребенка — на 70%.

Вода в живых организмах выполняет множество функций (растворитель, терморегулятор, реагент в реакциях, источник водорода и т. д.).

Все организмы состоят из органических соединений, основой которых является углерод. Углерод обладает уникальной способностью образовывать с большинством химических элементов молекулы самого различного состава и строения (цепного, циклического, с простыми и кратными связями с другими атомами). Среднее содержание углерода в растениях животных организмов около 18%. Углерод занимает четвертое место после водорода, гелия и кислорода на Солнце. Ученых давно интересует вопрос: существует ли какой-то другой абиогенный химический элемент для образования живого вещества, отличный от углерода? Одним из претендентов на роль такого абиогенного химического элемента выдвигается кремний. Почти вся масса земной коры (97%) состоит из кремнезема и силикатов (соединений кремния). Однако соединения кремния не способны образовывать слабые вторичные связи с другими химическими элементами, что характерно для углеродных соединений.

Углерод в соединениях кремния обнаруживается при температуре плавления геологической породы более 1000\* С, а углерод в органических соединениях обнаруживается при температуре

около 400° С. Следовательно, если взять грунт с Марса и сжечь его в специальных печах, то можно сказать, **есть ли жизнь на Марсе.**

#### 4.3.4. Единство органического строения

Все живые системы состоят из макромолекул нескольких органических соединений: **белков, нуклеиновых кислот, углеводов и жиров (липидов).** Углеводы и жиры играют важную роль в живых системах, но не им принадлежит роль главная и определяющая.

**Углеводы**, входящие в состав живого вещества, выполняют в основном энергетическую функцию. При сжигании углеводов организм получает основную часть необходимой энергии. Углеводы — органические соединения, состоят из одной или нескольких молекул простых сахаров. Кроме этого, углеводы в виде сахара дидоксирибоза и рибоза входят в состав нуклеиновых кислот.

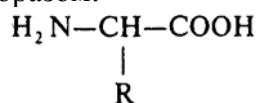
**Липиды (жиры)** — жироподобные органические соединения. Основные их функции: строительная (входят в состав мембран), гормональная, запасающая энергетическая, термоизоляция (покрывает, например, шерсть животных), стабилизационная (участие в обмене веществ, обеспечение относительного постоянства химического состава всех частей организма).

**Белки.** Сходство и различие организмов определяется характерным для них набором белков. Любой вид имеет только ему присущий набор белков, что составляет его видовые отличия. Набор белков, свойственный конкретному виду, обуславливает индивидуальную специфику организмов данного вида. Только монозиготные близнецы имеют одинаковый набор белков, у всех остальных людей белки не одинаковые. Белки определяют все признаки клетки и организма в целом.

Монозиготные (от соответ. слов греческого языка — один и соединенный в пару) имеют один и тот же генетический тип, развились из одной и той же женской половой клетки, оплодотворенной одним и тем же сперматозоидом. Идентичны по многим признакам: группа крови на 100%, цвет кожи на 75% из 100 случаев и др.

**Белки** — это полимеры (греч. *polys* — многих и *meros* — доля, часть), элементами которых являются мономеры. **Мономеры белков — аминокислоты.** Каждая аминокислота содержит одинаковые группировки атомов: аминогруппу — NH<sub>2</sub> и карбоксильную группу — COOH. Различия между аминокислотами определяются входящими в них группами атомов, названных радикалами (R): раз-

ные их составы образуют различные аминокислоты. Общая структура аминокислоты выглядит таким образом:



где H<sub>2</sub>N — аминная группа, COOH — карбоксильная группа, радикал некоторого вида, CH — группа атомов связи.

Радикалы (свободные) — это группа атомов или атомы с неспаренными электронами. Соединение аминокислот идет через общие для них группировки: аминная группа одной кислоты соединится с карбоксильной группой другой кислоты. Эта связь называется пептидной (при переводе с греческого — сваренный), а результат этой связи называется пептидом. В широком смысле пептиды и белки — одно и то же. В узком смысле соединения до 10 аминокислот называют пептидами, а из более 10 аминокислот — белками или полипептидами.

Размер отдельной аминокислоты равен в среднем приблизительно 0,3 нм. Известно более 300 различных аминокислот, однако в состав большинства белков входит всего лишь 20 различных аминокислот, которые называются основными для живого, и именно этими аминокислотами определяется биологическое разнообразие в живом мире. Важно иметь в виду, что различие между белками определяется не только составом и числом входящих в них аминокислот, но и последовательностью чередования в их соединениях. Некоторые заболевания

связаны с присутствием в соединении другой аминокислоты или нарушением последовательности соединения аминокислот.

С организационной и пространственной точки зрения белки имеют разные уровни организации: а) типа нити; б) закрученная нить в виде спирали; в) спираль, скрученная в клубок (глобулу) и г) структура из нескольких клубков. На молекулярном уровне сухая масса клетки состоит от 50 до 80% из белков. Организм человека образован из более 5 млн белков. Из белков состоят кости, ткани. Функции белков разнообразны: каталитическая, строительная (участвуют в образовании всех клеточных мембран и органоидов), двигательная (сокращение мышц и т. д.), защитная (антитела из белков распознают чужеродные организму вещества), транспортная (перенос, например, кислорода гемоглобином), регуляторная (участвуют в регуляции обмена веществ), энергетическая (при распаде 1 г белка до конечных продуктов выделяется 17,6 кДж).

198

Широко распространенное в XIX в. определение жизни как способа существования белковых тел посредством обмена веществ выражает важную роль белков в живом веществе. В конце XIX в. Луи Пастер (1822—1895) установил опытным путем явление, характерное для белков как основы живого. Это явление называется **киральностью** (греч. *chira* — рука). Оно означает несовместимость белков и нуклеиновых кислот со своим зеркальным отражением. Начиная с глубокой древности, понятие симметрии использовалось как проявление гармоничного устройства мира. Открытие нарушения симметрии в организации белков и нуклеиновых кислот вызвало дискуссию о законах устройства Вселенной. В случае белков и нуклеиновых кислот было установлено, что пространственная структура белков закручена влево, а нуклеиновых кислот — вправо. В. И. Вернадский представил этот результат в форме общего принципа: для живого вещества резко проявляется неравенство **правизны** и **левизны**. Это различие является существенным: последовательность нуклеиновых кислот содержит информацию о строении белков конкретного организма, а белки определяют особенности организма.

Законы симметрии сохраняются в целом в неорганическом мире. Например, при взаимодействии барионов (тяжелых частиц) заряд исходных частиц соответствует суммарному заряду образовавшихся частиц в результате взаимодействия исходных. Луи Пастер считал, что в начале эволюции живого на молекулярном уровне исходное вещество сохраняло симметрию левого и правого, но затем произошло нарушение симметрии: белки стали чисто левыми, нуклеиновые — только правыми.

**Нуклеиновые кислоты** составляют 1% от массы сухой клетки. Они были открыты в 1869 г. немецким биохимиком Ф. Мишером. Нуклеиновые кислоты (греч. *nucleus* — ядро) были выделены из материала ядер клеток гноя. Было установлено, что они по своим свойствам отличаются от известных тогда белков и других органических соединений. Роль этих кислот была понята только во второй половине прошлого века. До этого времени многие исследователи полагали, что определенные белки являются генами всех организмов. Более подробно об истории открытия строения ДНК говорится в параграфе настоящей главы, посвященной генетике.

**Нуклеиновые кислоты**, как и белки, являются полимерами, но мономерами в них выступают нуклеотиды. **Нуклеотид** — это структура, состоящая из трех компонентов: азотистого основания,

199

сахара-пентозы и остатка фосфорной кислоты. В нуклеотиды могут входить две разновидности сахара-пентозы: дезоксирибоза и рибоза. Известны два вида нуклеиновых кислот: ДНК и РНК. В ДНК входит дезоксирибоза, в РНК — рибоза.

Существует пять азотистых оснований, входящих в нуклеотиды: **аденин (А)**, **гуанин (Г)**, **тимин (Т)**, **цитозин (Ц)** и **урацил (У)**. При этом аденин, гуанин и цитозин входят в ДНК и РНК, тогда как тимин — только в ДНК, а урацил — только в РНК.

В 1953 г. американский биохимик Дж. Уотсон (р. 1923) и английский физик Ф. Крик (р. 1916) создали модель двухцепочной спиральной пространственной структуры ДНК. В ДНК имеются две полимерные цепи нуклеотидов. Они закручены вокруг общей пространственной оси за счет биохимических связей как внутри одной цепи, так и между цепями и их витками. Статья этих авторов о двухцепочной структуре ДНК была опубликована в английском научном журнале «Natura» на трех страничках и не вызвала надлежащего интереса со стороны биологов. Эта модель основывалась на результатах рентгеновского анализа структуры ДНК, полученных М. Уилкинсом и Р. Франклин в Лондонском королевском колледже. На рентгеновских снимках было видно, что ДНК — двухцепочная спираль.

До появления модели ДНК, о которой говорилось выше, американским ученым Э. Чаргаффом было установлено, что соотношение пуринов (А, Г) и пиримидинов (Т, Ц) в молекулах ДНК всегда пропорционально, следовательно, все молекулы ДНК образуют устойчивые пары азотистых оснований внутри своей спиралеобразной структуры и их можно сосчитать.

Большая роль в понимании шифра кодирования нуклеотидами аминокислот принадлежит Г. Гамову, автору концепции «Большой взрыв». Он предложил идею о том, что три нуклеотида кодируют одну аминокислоту. Эта дискретная единица генетического кода, состоящая из трех последовательно расположенных нуклеотидов в молекуле ДНК или РНК, называется кодоном. Эта идея получила в дальнейшем эмпирическое подтверждение. В 1961 г. удалось доказать, что триплет ААА кодирует одну определенную аминокислоту. Это позволило говорить о генетическом коде как единой для всех живых системы записи наследственной информации:

1. Код триплет — каждая из 20 аминокислот представлена тремя последовательно расположенными нуклеотидами. Из 4 нуклеотидов с азотистыми основаниями А, Т, Г, Ц (У вместо Т в РНК) мож-

жет образоваться 64 различных комбинации из 3 нуклеотидов ( $4 \cdot 4 \cdot 4 = 64$ ), т. е. существенно больше, чем **20 аминокислот**, из которых состоят все живые организмы.

2. Код вырожден — каждая аминокислота представлена более чем одним кодоном (от двух до шести), за исключением некоторых аминокислот.

3. Код универсален — один триплет кодирует одну и ту же аминокислоту у всех живых организмов.

4. Код специфичен — каждый триплет (кодон) представляет только одну аминокислоту.

5. Код не перекрывается — каждый нуклеотид с соответствующим азотистым основанием входит лишь в какой-либо один триплет, «переписывание» информации с помощью и-РНК происходит строго потриплетно.

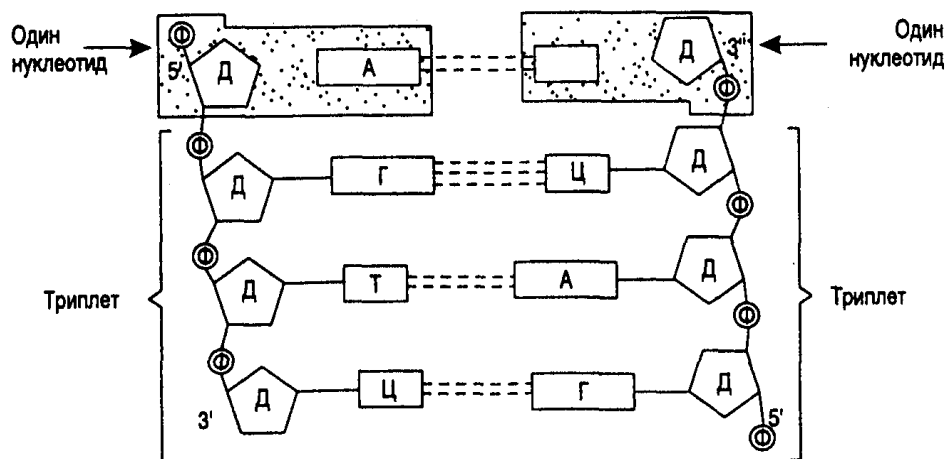
6. Триплеты УАА, УАГ и УГА обозначают окончание синтеза одной белковой цепи, так как к ним нет соответствующих аминокислот.

Изучение последовательностей нуклеотидов позволило дать общее определение генетического кода.

### Генетический код

**Генетический код** — это свойственная всем живым организмам единая система записи наследственной информации в молекулах нуклеиновых кислот в виде последовательности нуклеотидов (см. рис. 8).

### Рис. 8. Строение ДНК:



Ф — остаток фосфорной кислоты; Д — сахар дезоксирибоза; А, Т, Г, Ц — азотистые основания, (—) и (а) — двойные и тройные водородные связи между азотистыми основаниями; 5', 3' — окончания цепи нуклеотидов

201

Как уже отмечалось выше, ДНК состоит из двух ветвей, закрученных вокруг общей оси, с повторяющимися элементами, нуклеотидами: 0,34 нм (нанометра) — расстояние между азотистыми основаниями нуклеотидов в молекуле ДНК, 3,4 нм — шаг спирали на один ее виток, на который приходится 10 азотистых оснований. Общая длина ДНК в каждой клетке человека равна приблизительно 2 м. Число клеток у человека составляет примерно  $5 \cdot 10^{14}$ . Общая длина ДНК всех клеток человека составляет примерно  $10^{14}$  км.

Реализация генетического кода осуществляется по схеме ДНК—РНК—белок для всех организмов (за исключением некоторых вирусов, у которых имеется только РНК). ДНК выполняет в реализации этой схемы-программы следующие функции:

- хранит наследственную информацию об организме в виде последовательности и чередования пар связи между азотистыми основаниями двух комплементарных полимерных составляющих ДНК-цепей из нуклеотидов;

- передает информацию о группе белков организма из ядра клетки в цитоплазму, для этого с ДНК снимается копия с помощью и-РНК, которая доставляется в рибосому цитоплазмы, где происходит синтез белка;

- передает посредством репликации наследственную информацию от материнских клеток к дочерним клеткам в процессах роста и развития организма (о механизме репликации речь пойдет далее).

Таким образом, в ядре клетки весом  $6 \cdot 10^{-12}$  г содержится вся информация об организме.

Реализация генетического кода по схеме ДНК-РНК-белок происходит в два этапа, которые называются транскрипцией и трансляцией.

**Транскрипция** (лат. *transcriptio* — перенесение)

**Транскрипция** (лат. *transcriptio* — перенесение) — биосинтез РНК на матрице ДНК осуществляется в клетках организма ферментами, называемыми полимеразы. Таким образом, речь идет о переходе от ДНК к образованию РНК.

**Трансляция** (лат. *translation* — передача) — биосинтез белков на основе считывания генетической информации, записанной в виде последовательности нуклеотидов в молекулах информационных или матричных РНК.

ДНК не принимает непосредственного участия в синтезе белков организма.

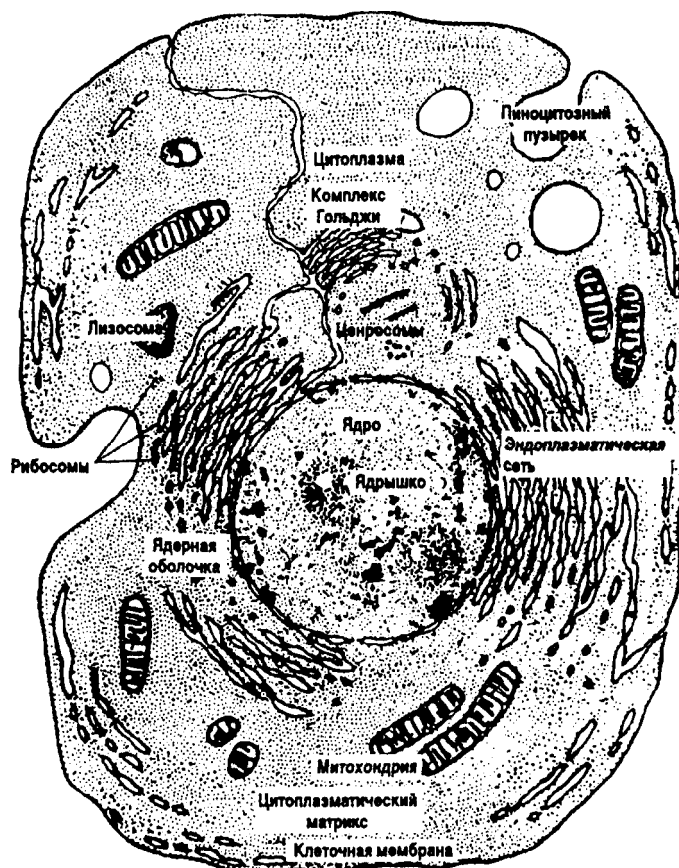
ДНК содержится в ядре клеток растений, животных, человека и отделена ядерной мембраной от цитоплазмы, где происходит

202

синтез белка. Небольшая часть ДНК (около 5%) находится вне ядра клетки, в митохондриях (см. рис. 9).

**Рис. 9. Структура ДНК по данным электронной микроскопии**





Последовательность и чередование пар связи азотистых оснований в спиралеобразной пространственной структуре ДНК содержит информацию об индивидуальной белковой группе конкретного организма. Если нагреть ДНК до 80—100° С или обработать ее щелочью, то цепи распадаются. Если же ее снова охладить, то цепи снова соединяются водородными связями комплементарным образом: всегда А соединяется симметрично с Т, а Ц — симметрично с Г. Это свойство ДНК используется для создания методов исследования ее структуры. ДНК имеет внутренний механизм

203

изменения собственной спиралеобразной пространственной структуры. Перед делением клетки она способна удваиваться (**реплицироваться**). С помощью фермента ДНК полимеразы разрываются слабые водородные связи между двумя ее цепями, а затем к каждой отделенной цепи достраивается ей комплементарная цепь. Таким образом, из двух отдельных цепей образуются две ДНК. Репликация — одно из уникальных явлений в мире живого. С ее помощью обеспечивается высочайшая точность воспроизведения генетической информации в поколениях клеток и организмах в целом. Но возможны ошибки при репликации, о чем речь пойдет ниже. **Репликация** (лат. *replication* — повторение) — процесс самовоспроизведения молекул нуклеиновых кислот, обеспечивающий передачу по наследству точных копий генетической информации.

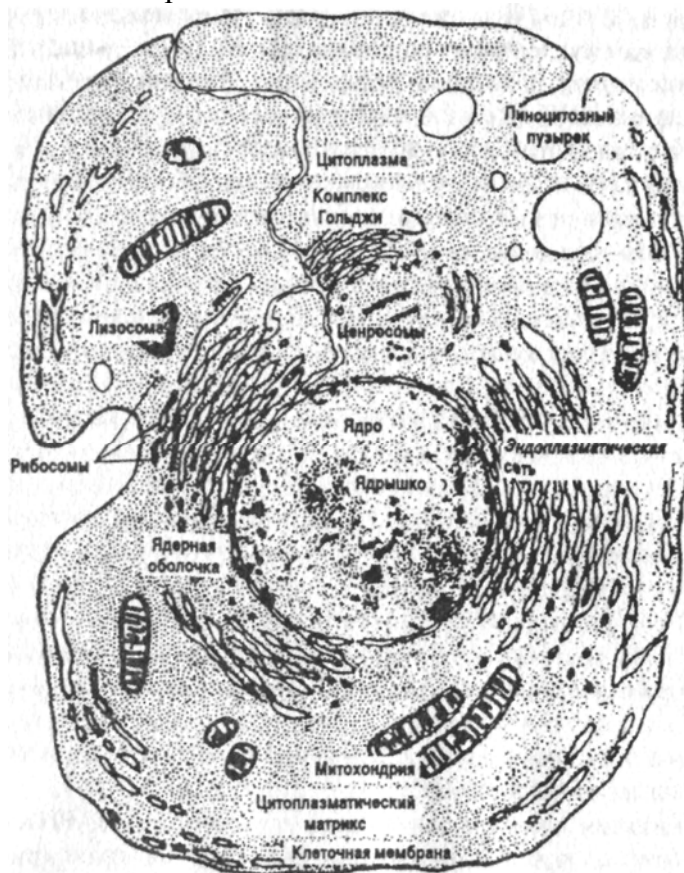
Репликация ДНК происходит поэтапно, отдельными участками, которые называют **репликационными**. Средний их размер составляет почти 30 мкм.

Скорость синтеза при репликации — около 0,5 мкм/мин. Такой способ репликации значительно короче, чем непрерывный по всей длине ДНК. Например, репликация в самой большой хромосоме ДНК человека под номером 1 заняла бы около трех месяцев против семи часов, как это происходит на самом деле. **Важнейшую роль в точной передаче информации, необходимой для синтеза набора белков конкретного организма, играет РНК.** РНК — это одноцепочечный полимер из нуклеотидов. В него вместо сахара дезоксирибозы входит сахар рибоза, а вместо азотистого основания тимина (Т) входит азотистое основание урацил (У). Полимер РНК в сто раз меньше, чем ДНК.

В зависимости от функций, выполняемых этим полимером, выделяют несколько видов РНК: **информационная (и-РНК) или матричная (м-РНК).** Она

переносит информацию о структуре белка от ДНК к рибосомам клетки. На долю этого вида РНК приходится 1—2% от общего содержания РНК в клетке. **Транспортная** (т-РНК) доставляет свободные аминокислоты в рибосому (10% от общего содержания РНК в клетке).

**Рибосомная** (р-РНК) — основная часть рибосомы (около 90% от всего РНК клетки). **Рибосома** — органелла клетки, состоящая из белка и р-РНК. В рибосоме осуществляется синтез белка в клетке. **Органелла** — клеточный орган. У человека известно более 10 органелл клетки.



204

#### 4.3.5. Клеточное строение

Все живые организмы состоят из одной или большого множества клеток. Клетки — это функциональные единицы живого, способные к самовоспроизведению. Термин «клетка», или «ячейка», принадлежит английскому ученому Р. Гуку, который ввел его в работе «Микрография» (1665). Изучая под микроскопом срез, приготовленный из пробки и сердцевины бузины, он заметил в этом составе множество мелких образований, похожих по форме на ячейки пчелиных сот. По существу, Р. Гук видел лишь оболочки клеток.

Говоря, что все живое состоит из клеток, следует иметь в виду определенное исключение. **Вирусы** (лат. *virus* — яд) — это неклеточная форма жизни. Самостоятельно вне другого организма они жить не могут. Их называют облигатными (обязательными) паразитами. Вирусы имеют относительно простое строение: состоят из ДНК или РНК и белковой оболочки, они обладают высокой приспособленностью. Несмотря на то что вопрос о клеточном строении всего живого был поставлен еще в XVII в., тем не менее лишь во второй половине прошлого века строение клеток, их функции в эволюции живого стали более ясными за счет использования сверхточных приборов исследования живого.

Впервые клеточная теория появилась в 1838—1839 гг. Создателями этой теории являются немецкие ученые: ботаник М. Шлейден (1804-1881) и физиолог Т. Шванн (1810-1892). Теодор Шванн в своей работе «Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений» (1839) сформулировал основные принципы клеточной теории. Все организмы состоят из

одинаковых частей — клеток. Клетки образуются, растут по одним и тем же законам. Общий принцип развития для всех элементарных частей организма — это образование клеток. Каждая клетка в определенных границах есть индивидуум, но эти индивидуумы действуют совместно, так что возникает гармоничное целое.

Основатели клеточной теории — М. Шлейдон и Т. Шванн — считали, что клетки в организмах возникают как новообразования из некоего первичного неклеточного вещества. В 1859 г. немецкий медик, ученый Р. Вихров (1824—1902) внес существенное дополнение в клеточную теорию: всякая клетка происходит из другой клетки. Там, где возникает клетка, ей должна предшествовать

205  
клетка, подобно тому, как животное происходит только от животных, растение — только от растений.

### Клетка

**Клетка** — сложное, целостное системное образование, элементы которого находятся в тесном взаимодействии. Из клеток состоят ткани и органы организмов. Половые клетки составляют эмбриональную основу многоклеточного организма, например человека. Клетка, составляющая основу одноклеточного организма, хотя и имеет функциональные биохимические и структурные сходства с отдельной клеткой обычного многоклеточного организма, тем не менее жизнь простейшего одноклеточного организма является богаче и разнообразнее. **Все клетки живых организмов подразделяются на два вида с учетом их строения и функций в живых организмах: прокариоты** (лат. *pro* — перед и греч. *karyon* — ядро), или предъядерные клетки, и **эукариоты** (греч. *eu* — полностью, хорошо и *karyon* — ядро).

Простейшие организмы, представленные одной или небольшим числом клеток, состоят из клеток прокариотов. Это прежде всего бактерии и некоторые водоросли. В клетках прокариотов нет ядра и ядерной оболочки. В них содержится одна молекула ДНК, замкнутая в кольцо, и цепь ДНК раскручена. Большинство клеток прокариотов имеют размер около 1—5 мкм. Средний размер эукариотической клетки имеет диаметр около 25 мкм (1 мм— $10^3$  мкм или  $10^9$  нм). Таким образом, в эукариотическую клетку может поместиться более 10 тысяч бактерий. Все эукариотические клетки имеют одинаковое строение: ядро с оболочкой, цитоплазма с органоидами и оболочка. **Ядро эукариотической клетки состоит из хроматина, ядрышка, ядерного сока и ядерной оболочки. Цитоплазма** — полужидкая, бесцветная масса сложного строения. Она обеспечивает взаимодействие всех органов клетки. В клетке содержатся хромосомы.

Термин «хроматин» (греч. *chroma* — цвет, окраска) появился, когда пользовались исключительно световыми микроскопами. Хроматин — это интенсивно окрашенные глыбки, гранулы и сетевидные элементы структуры ядра. Иначе говоря, это видимый в световой микроскоп один из элементов ядра, который представляет собой часть ДНК и белок. В делящихся эукариотических клетках ДНК приобретает форму хромосом: ДНК сильно скручивается, уплотняется и упаковывается с помощью белков — гистонов в определенную форму хромосом. Изображение хромосом человека приведено на рис. 10.

206  
**Хромосомы**

**Хромосомы** — это комплексы, образованные одной молекулой ДНК, а не всем полимером ДНК, с белками гистонами или негистонами. Во время деления клетки хромосомы видны в световой микроскоп только в период деления клетки. Скрученные участки ДНК не активны. Передача генетической информации идет через раскрученные участки ДНК, которые не видны в световой микроскоп. Ядрышко формируется определенными участками, кодирующими синтез р-РНК, в нем образуются субчастицы рибосом для синтеза белка. Ядрышко во время деления клетки исчезает. Ядерный сок содержит белки, различные РНК,

свободные нуклеотиды, аминокислоты, субчастицы рибосом и промежуточные продукты обмена веществ.

**Рис. 10. Идеограмма хромосом мужчины и женщины**



Вверху хромосомы клетки женщины (♀) и клетки мужчины (♂). Внизу идеограмма (греч. *idos* — своеобразный, *grame* — запись) — упорядоченное расположение хромосом по величине и другим признакам. Сравнительный анализ содержания хромосом разных организмов основывается на обозначении последовательностей нуклеотидов цветами и номерами

### Правила хромосом

1. Правило постоянства числа хромосом — соматические клетки организма каждого вида имеют строго определенное число хромосом (у человека — 46, у кошки — 38, у мушки дрозофилы — 8, у собаки — 78, у курицы — 78).

207

2. Правило парности хромосом — каждая хромосома в соматических клетках (см. ниже деление клеток) имеет такую же идентичную по размерам, форме, но не одинаковую по происхождению хромосому: одну — от отца, другую — от матери.

3. Правило индивидуальности хромосом — каждая пара хромосом отличается от другой пары размером, формой, которая зависит от расположения **центромеры**, чередованием светлых и темных полос, которые выявляются при дифференциальной окраске.

4. Правило непрерывности хромосом — перед делением клетка ДНК удваивается и к каждой из двух исходных нитей достраивается по принципу комплементарности новые нити ДНК, в результате образуются две молекулы ДНК, из которых получаются две сестринские хроматиды. Комплементарные нуклеотидные последовательности — это полинуклеотидные последовательности, которые взаимодействуют между собой в соответствии с правилом спаривания азотистых оснований: аденин (А) образует пару с тиминном (Т) и т. д. После деления в дочерние клетки попадает по одной хроматиде, таким образом, хромосомы непрерывны: хромосомы от хромосом. Хроматид — это удвоенные (парные) молекулы ДНК. **Центромера** — внутренний участок хромосомы, в котором происходит присоединение нити веретена, обеспечивающий при делении клетки движение хромосом к центру деления при митозе (см. ниже).

Все хромосомы подразделяются на **аутосомы** и **половые хромосомы**. Половые хромосомы определяют пол организма. В половых клетках, где находятся половые хромосомы, присутствует **одинарный (гаплоидный)** набор хромосом. **Аутосомы** — это все хромосомы в клетках, за исключением половых хромосом. Неполая клетка многоклеточного организма называется соматической (от соответствующего греческого слова — тело) клеткой. В соматических клетках присутствует двойной (диплоидный) набор хромосом.

### 4.3.6. Существенные свойства деления клеток организмов

В 1879 г. два немецких исследователя — Т. Бовери (1862—1916) и В. Флемминг (1843—1905) — описали деление клетки на две идентичные клетки. Это деление получило название **митоза** (греч. *mitos* — нить). Далее, в 1887 г. немецкий зоолог, теоретик эволюционного учения Август Вейсман (1834—1914), опираясь на клеточную теорию, высказал идею о том, что образование половых клеток осуществляется на основе другого механизма деления, чем ми-

208  
тоз. Этот механизм деления назвали **мейозом** (греч. *meiosis* — уменьшение). А. Вейсману принадлежит идея о том, что наследственная информация заключена в хромосомах. Изобретенный в 30-х годах XX в. электронный микроскоп, увеличивающий наблюдаемый объект до  $10^6$  раз, позволил уточнить основное положение клеточной теории. Существует три типа деления эукариотических клеток: **амитоз** (греч. *a* — отрицание, *mitos* — нить), **митоз** и **мейоз**.

**Амитоз**, или прямое деление клетки, связан с перетяжкой ядра клетки. Могут образоваться двуядерные клетки. Это деление проявляется, например, в стареющих и патологически измененных клетках.

**Митоз** — не прямое деление соматических эукариотических клеток, сопровождается раскручиванием хромосом ДНК. Дочерние образующиеся клетки получают точно такой же набор хромосом, который был в материнской клетке: из материнской клетки получается две клетки, из них — четыре и т. д.

**В митозе** имеется три фазы: **метафаза**, **анафаза** и **телофаза**. Биологическое значение митоза:

1. В соматических клетках организма поддерживается один и тот же набор хромосом, который был у материнской клетки.

2. Все соматические клетки организма делятся митозом. Это позволяет, во-первых, организму расти на эмбриональном и постэмбриональном уровнях, во-вторых, освобождаться от функционально устаревших клеток и, в-третьих, восстанавливать утраченные или поврежденные клетки тканей.

**Митозом не охватывается деление половых клеток.** Природа использует для этих целей другой тип деления, названный мейозом.

#### Мейоз

**Мейоз** — клеточное деление, которое ведет к образованию и созреванию половых клеток (например, у человека — яйцеклеток и сперматозоидов из особых соматических клеток яичников и семенников). Мейоз приводит к уменьшению числа хромосом исходной материнской клетки вдвое. Мейоз состоит из двух последовательных делений и соответствующих фаз. При делении соматической клетки в ней образуются два противоположных центра, к каждому из них стягиваются, например у человека, 23 пары хромосом двух будущих клеток. В случае деления половых клеток к каждому из этих центров отводится только 23 хромосомы, т. е. наполовину меньше, чем в случае соматических клеток. Распределение отходящих к центрам хромосом — каких больше от отца или

209  
каких от матери и в какой последовательности, а также комбинации — происходит, как полагают сегодня генетики, случайным образом: количество вариантов возможного попадания каждой хромосомы к соответствующему центру при делении половых клеток человека равно более 8 млн ( $2^{23}$ ). **Биологическое значение мейоза:**

1. Обеспечивает постоянство видов на Земле. Если бы число хромосом, передаваемых от одного поколения в другому, не уменьшалось бы вдвое, то в каждом последующем поколении число хромосом бы удваивалось (у человека-родителя — 46 хромосом, следующее поколение (дети) — 92, внуки — 184 и т. д.).

2. Мейоз обеспечивает разнородность гамет (греч. *gamete* — жена, *gametes* — муж) по генному составу. **Гаметы** — половые клетки (мужские гаметы — сперматозоиды, женские гаметы — яйцеклетки). **Гонады** (греч. *gone* —

порождающее) — половые органы, образующие половые клетки.

3. Мейоз обуславливает комбинативную изменчивость, т. е. каждая гамета (мужская или женская) получает в результате мейоза всего лишь один набор хромосом из двойного набора хромосом своих материнских клеток. Случайная встреча гамет (сперматозоиды и яйцеклетки) приводит к тому, что гены родителей комбинируются, вследствие чего у детей могут появляться признаки, которых не было у родителей. Как уже отмечалось выше, все хромосомы подразделяются на аутосомы и половые хромосомы. **Аутосомы** — все хромосомы в клетках, за исключением половых хромосом. Половые хромосомы — хромосомы, определяющие пол организма при половом размножении. У женщин 22 пары аутосом и две одинаковые половые хромосомы XX, у мужчин — 22 пары аутосом и две неодинаковые половые хромосомы XY.

Мейоз как процесс деления клеток приводит к тому, что каждая из пары одинаковых хромосом (но неодинаковых по происхождению) попадает в разные гаметы. Мейоз обеспечивает процесс, в результате которого во все гаметы женщин попадают 22 аутосомы и одна X-хромосома (гаметы одинаковы). Женский пол является гомогаметным. У мужчин мейоз приводит к образованию двух типов гамет: 22 + X, 22 + Y. Развитие женских гамет (яйцеклеток) называется овогенезом. Зрелая яйцеклетка называется овоцитом и содержит только один набор аутосом из пар гомологичных аутосом и одну половую хромосому X. **Овоцит** — содержит большой запас питательных, энергетических веществ и по своим размерам

210

превосходит сперматозоид в 85 тыс. раз. Зигота — оплодотворенный овоцит, содержащий двойной набор аутосом и половых хромосом (один набор — от отца, другой — от матери). При содержании в зиготе половых хромосом XY рождается мальчик, при XX — девочка. К моменту полового созревания женщины обнаруживается около 100 тыс. овоцитов, однако за весь репродуктивный период в яичниках женщины образуется около 300—400 овоцитов. Процесс образования сперматозоидов (мужских гамет) называется сперматогенезом, он имеет отличие от овогенеза: при сперматогенезе из одной исходной клетки образуются 4 сперматозоида, а при овогенезе из одной исходной клетки образуется 1 яйцеклетка и 2 направленных тельца, в которые уходит избыток хромосомного материала, чтобы набор хромосом в яйцеклетке был гаплоидным (одинарным).

В течение всей половой жизни здоровый мужчина продуцирует (его гонады) около 500 млрд сперматозоидов. Три типа деления клеток, о которых говорилось выше, обеспечивают жизненный цикл клеток в живых организмах. Принцип «клетка от клетки» позволил проследить эволюцию живого на Земле.

### 4.3.7. Генетика и геном человека

**Генетика** (греч. *genos* — происхождение) — наука, изучающая механизм и закономерности наследственности и изменчивости организмов.

Большую роль в развитии генетики сыграли клинические исследования наследственных болезней. В 1814 г. в Лондоне врач Адамс опубликовал работу под названием «Трактат о предлагаемых наследственных свойствах болезней, основанных на клиническом наблюдении». Через год эта работа была издана под названием «Философский трактат о наследственных свойствах человеческих рас». Эту работу медики-генетики называют первым генетическим справочником для медицинского консультирования: браки между родственниками повышают частоту семейных болезней, не все врожденные болезни являются наследственными, часть из них возникает в результате поражения плода во внутриутробном его развитии.

В 1869 г. английский исследователь Ф. Гальтон (1822—1911) сформулировал основные принципы евгеники (греч. *eugenes* — хорошего рода) — теории, изучающей факторы, влияющие на улучшение наследственных качеств человека (умственная способ-

ность, одаренность, физическое и психическое здоровье). В евгенике Ф. Гальтон предлагал обращать главное внимание на улучшение и сохранение «хороших качеств», а не на борьбу с патологическими признаками, передаваемыми от одного поколения к другому. Например, он считал, что нужно создавать благоприятные условия для размножения одаренных людей и т. п. В дальнейшем термин «евгеника» вышел за рамки медицинской и биологической литературы и стал использоваться во многих социально-политических теориях, концепциях, приобретая политическое, философское и социальное значение: обоснование разделения членов общества на элиты и массы, а также других идей.

Вторая половина XIX в. является значительным шагом в развитии наук о живом: в 1859 г. появилась работа Ч. Дарвина (1809—1882) об эволюции в живой природе — «Происхождение видов путем естественного отбора». Все 1250 экземпляров этой книги были проданы за один день. Эта книга имела большой общественный резонанс. О ней спорили, дискутировали. Общественное мнение раскололось на две противоположные группы: «за» и категорически, с возмущением, «против». Другим событием была публикация в 1865 г. работы под названием «Опыты над растительными гибридами» чешского исследователя Г. Менделя (1822—1884). Работа Г. Менделя относилась по своему предмету к широкому кругу вопросов изучения наследственности на растениях. Г. Менделю были известны результаты исследования наследственности человека в медицине. Работа Г. Менделя находилась во многих библиотеках европейских научных сообществ, но на нее не обратили должного внимания.

В 1900 г. три ботаника независимо друг от друга, не зная работ Г. Менделя, «переоткрыли» законы Г. Менделя (Де Фриз из Голландии, Корренс из Германии, Чермак из Австрии). 1900 г. считается годом рождения генетики, хотя это не совсем справедливо. В 1905 г. В. Бэтсон предложил термин «генетика», а в 1909 г. В. Иогансен ввел термин «ген» (греч. *genes* — рождающий, рожденный) для обозначения наследственных факторов. Он же ввел еще два важных термина: **генотип** — совокупность генов у одной особи и **фенотип** — совокупность признаков организма.

На основе гибридологического метода Г. Мендель сформулировал три знаменитых закона наследования признаков, получивших названия «законы Г. Менделя». Эти законы говорят о наследственности и изменении как явления (феномене), но не затрагива-

ют биохимический уровень объяснения. Начиная с первых десятилетий прошлого века, произошло так называемое «впутывание» физики и химии в объяснении природы живого. Хотя ряд ученых, не биологов по образованию, уже участвовали в исследовании природы живого. Луи Пастер, Георг Мендель были, например, физиками по образованию.

Дискуссии по поводу «впутывания» физики и химии в объяснение живого основывались, как правило, на следующей аргументации.

Все организмы состоят из атомов, следовательно, они должны подчиняться физическим и химическим законам. Организмам принадлежит способность создания упорядоченности из беспорядка, но физико-химическая сторона этой способности не выходит за пределы второго закона термодинамики. Жизнь поддерживается за счет ядерных реакций в недрах Солнца. Жизнь и дождевые тучи — это явления единого мира. Ген, как единица наследственности и изменчивости, — это аperiодический кристалл, сопротивляющийся **флуктуациям** (отклонениям), нарушающим условия существования живого. Это движение привело к современному уровню развития генетики и исследованию эволюции живого.

В 1928 г. бактериолог Ф. Гриффит положил начало доказательству, что информация о наследственности находится в ДНК. Смесь из убитых бактерий (будучи живыми, вызывали воспаление легких у мышей) и живых бактерий, не убивающих мышей при введении их в организм, приводила к гибели мышей при

введении этой смеси в их организм. Получалось, что способность убивать мертвой бактерии-«убийцы» перешла в смеси к живой бактерии.

В 1944 г. О. Эвери и его сотрудники доказали, что объяснением этого явления служит процесс трансформации (лат. *transformatio* — превращение) ДНК — приобретение признака штамма (нем. *stamm* — чистая культура) микроорганизма одного вида другим микроорганизмом в результате проникновения в его ДНК штамма первого микроорганизма. Уже в 1952 г. исследователи Дж. Ледерберг и Н. Циндер объяснили еще одно явление, получившее название трансдукции (лат. *transductio* — передача, перемещение), которое обозначает процесс передачи генов от одного штамма бактерии другому (так называемый эксперимент . в U-образной трубке).

213

Развитие генетики в прошлом веке совпало с формированием науки о защитных свойствах организмов. Начало исследования этой проблемы связано с работами Луи Пастера и И. Мечникова (1845-1916).

В 1945 году Нобелевский лауреат П. Медавр доказал, что организм защищает свой иммунитет (лат. *immunitas* — освобождение от чего-либо) не только от микробов, но и от клеток любого генетически чужеродного организма. Иммунитет — это способ защиты организма от живых тел и веществ, несущих признаки генетической чужеродности. **Иммунология** — наука, изучающая защитные реакции организмов, обеспечивающих невосприимчивость организмов к генетически чужеродным телам и веществам.

В 1964 г. исследователь Ф. Бернет сформулировал вопрос: зачем организмам нужна такая строгая система контроля в виде его иммунной системы? Иммунная система человека (все лимфоидные органы и лимфоидные клетки человека) имеет общую массу в 1,5—2 кг. Число лимфоидных клеток в организме человека равно приблизительно  $10^{12}$ . Исследования этого вопроса показали, что при делении клеток в многоклеточных организмах примерно одна из миллиона клеток становится генетически отличной от исходной. В многоклеточном организме человека в каждый момент деления его клеток образуется около 1 млн клеток-балластов. Для ликвидации клеток-балластов и проникновения в организм генетически чужеродных внешних тел существует у организмов иммунная система.

**Антиген** — это все те вещества, которые несут признаки, генетически чужеродные организму. Введение в организм антигена вызывает развитие специфических иммунологических реакций: например, вакцинация ведет сначала к ослаблению организма, а затем — к выработке высокой иммунной защиты от данного антигена путем выработки антител (белки из класса иммуноглобулинов против антигенов).

Иммунологические исследования прошлого столетия позволили сделать очень важный вывод об эволюции живого: **многоклеточные организмы, состоящие из более 100 млн делящихся клеток, могли возникнуть и эволюционировать только при одном обязательном условии — возникновение специальной системы иммунных клеток**<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Петров Р. В. Иммунология. М., 1987. С. 10.

214

Глубокое изучение иммунных систем организмов привело к широкому обсуждению в конце прошлого века вопроса о роли РНК в иммунной системе организмов и в возникновении жизни вообще: **что возникло первично — ДНК или РНК?** По существу, этот вопрос по-новому переосмысливает основное положение «ДНК—РНК—белок» современной генетики. В частности, было установлено, что **иммунные участки РНК**, на которые долгое время не обращали особого внимания, ответственны за распознавание маскировок вирусов, проникающих в чужой организм, под видом последовательности нуклеотидов этого организма. При отсутствии подобной иммунной РНК живые организмы не могли бы возникнуть, а тем более выжить. Далее оказалось, что в геноме человека содержится наследственная информация о **реликтовых вирусах, которые когда-**



**то появились в геноме человека и сохраняются сегодня.** Они являются «молчащими» генами, т. е. воспроизводят себя, перемещаясь по геному человека, но не создают новых своих поколений, эволюционного плана. Естественно, ученые задают себе по этому поводу несколько вопросов: откуда эти вирусы взялись и почему они «молчат»? почему этих участков реликтовых вирусов больше в геноме человека, чем у обезьян и при каких условиях они могут «заговорить»? Большую роль в развитии генетики сыграли исследования влияния химических и радиационных воздействий на организмы. Оказалось, что эти воздействия приводят к изменениям в генетическом материале организмов независимо от самой физической природы воздействия естественного (например, солнечная радиация) или искусственного, создаваемого человеком, например использование рентгеновских аппаратов в медицине.

**В целом современная генетика к началу XXI в. пришла к следующим результатам:**

1. В одном наборе хромосом ДНК клетки человека содержится  $3,5 \cdot 10^9$  пар азотистых оснований, следовательно, в двойном наборе хромосом ДНК клетки человека — 7 млрд пар азотистых оснований.

2. **Ген** — это участок ДНК, состоящий из последовательности нуклеотидов или пар азотистых оснований, который кодирует белок или РНК. Главное свойство гена — это сочетание высокой устойчивости как единицы наследственности, передаваемой от поколения к поколению, со способностью к наследуемым изменениям, мутациям в качестве основы их изменчивости.

215

3. Ген имеет **экзон-интронное** строение. **Экзоны** — это участки гена, которые кодируют белок или РНК. **Интроны** — это участки гена, не участвующие в кодировании ни белка, ни РНК. По мнению большинства генетиков, это строение гена характерно для человека и некоторых других высших животных, но не для бактерий, в их генах нет интронов. Такое строение гена у человека создает широкие возможности кодирования белков или РНК: снимается копия с ДНК в виде матричной РНК, в которой присутствуют интроны, затем эта первичная м-РНК преобразуется в основную м-РНК без копий интронов. «Вырезая» в разном порядке интроны, можно соединять в разной комбинации экзоны, как из букв одного слова можно создать иногда большое количество других слов.

4. Подсчет числа генов у человека основывается на разных методиках, поэтому часто приводятся разные числа от 40 000 до 100 000 генов. Трудность подсчета генов животных состоит в том, что чем выше уровень сложности строения и поведения организма, тем больше в его ДНК последовательностей нуклеотидов, которые не кодируют ни белок, ни РНК. В 21-й хромосоме человека есть участок в 7 млн пар нуклеотидов. В нем обнаружен один ген.

5. В 2003 г. было установлено, что из 3,5 млрд пар нуклеотидов в одном наборе хромосом ДНК клетки человека чуть больше 1% участвуют в кодировании белка, более 28% пар нуклеотидов участвуют в кодировании РНК, а остальные 70% пар выполняют какие-то другие функции в геноме человека. Первоначально эту часть ДНК назвали «эгоистической ДНК», т. е. существующей только ради самой себя. Сегодня анализ именно этой части ДНК человека открывает много непонятной информации, которая со временем получит соответствующее объяснение.

6. Геномом человека называют сегодня всю наследственную информацию человека, включая «эгоистическую ДНК».

7. Изучение генома человека освещает по-новому проблему точности, «молекулярных часов». Стало известно, что большинство точечных мутаций (замена одного нуклеотида на другой) происходит в среднем с частотой 175 новых мутаций на одно поколение (25 лет). Поскольку большинство мутаций являются нейтральными для организма, то они могут сохраняться в эволюции организмов длительное время. Современные данные о скорости изменения ДНК организмов разных видов позволяют установить в сред-

216

нем, как часто в ДНК того или иного генома происходят мутации за 1 млн лет.

Сравнивая организмы разных видов по сходству и различию состава их геномов, «молекулярные часы» могут указать примерное время, когда эти два вида имели общего предка.

### 4.3.8. Клонирование

Успехи генетики позволили уточнить такие понятия, как генная инженерия, мутантный ген и клонирование.

**Генная инженерия** — технология или совокупность методов для целенаправленного изменения генетических программ клеток с целью придания исходным формам организмов новых свойств или создания принципиально новых форм организмов. Основным методом генной инженерии состоит в извлечении из клеток организма гена или группы генов, соединении их с определенными молекулами нуклеиновых кислот и внедрении полученных гибридных молекул в клетки другого организма.

**Мутантный ген** — ген, в котором произошли перестройки или нарушения порядка расположения нуклеотидов. Различают доминантные и рецессивные мутантные гены.

**Клонирование** — система генно-инженерных методов для получения и размножения отдельных фрагментов ДНК или всей ДНК. Применительно к организмам клонирование — это получение генетически идентичных копий конкретного организма.

Существуют два вида размножения: бесполое и половое. Бесполое размножение происходит без образования половых клеток (гамет).

При бесполом размножении образуются обычно идентичные потомки. При бесполом размножении единственным способом генетической изменчивости являются случайные **мутации** (лат. *mutatio* — изменение, перемена). Существует несколько типов бесполого размножения: деление, образование спор, почкование и другие. Одноклеточные организмы размножаются делением: каждая особь делится на две дочерние идентичные клетки и т. д. При подходящих условиях такое бинарное деление (существует и множественное деление) приводит к быстрому росту популяции (лат. *population* — население, общность). У быстрорастущих бактерий размножение делением происходит через каждые 20 мин. Интервал между делением называется временем генерации (лат. *generatio* — рождение, происхождение, поколение). Идентичное потомство, происходящее от одной родительской особи, называ-

217  
ется клоном (греч. *klon* — ветвь, отпрыск). Члены одного клона могут быть генетически различными только в результате случайной мутации. Бесполое размножение по типу, например, бинарного деления одноклеточного организма обеспечивает ему в определенном смысле «вечное существование», поскольку механизм бинарного деления точно воспроизводит ему идентичное потомство, при отсутствии случайной мутации.

Высшие животные не способны к бесполому размножению в силу своей естественной природы. Следовательно, высшие животные не могут производить полностью идентичных особей, за исключением монозиготных близнецов. Особенность естественного наблюдаемого в природе клонирования как способа получения идентичных потомков состоит в том, что в этом биологическом процессе не используется комбинативная изменчивость, наблюдаемая при половом размножении, например, у человека: случайные комбинации генов родителей приводят к появлению потомков, имеющих признаки, которых не было у родителей.

**Изменчивость**, важнейшее свойство всех живых организмов, присуще и организмам, образующим клоны. Изменчивость проявляется на нескольких уровнях: **фенотипическом (ненаследственном) и генотипическом.**

На фенотипическом уровне изменчивость является модификационной, поскольку ее возможности нормированы генотипом организма. Например, два

монозиготных близнеца, живущие в разных климатических условиях, будут иметь некоторые внешние различия: пигментация кожи, масса тела и некоторые другие. Воспитанные в разных социальных условиях монозиготные близнецы могут существенно отличаться типами социального поведения (иметь разные мотивационные и потребностные стимулы и т. п.). **На генотипическом уровне изменчивость проявляется в двух формах: комбинативная и мутационная.** О комбинативной изменчивости говорилось выше. **Мутационная** изменчивость происходит под влиянием внешних или внутренних факторов среды. Организмы, образованные путем клонирования, не могут не подвергаться мутационной изменчивости, например, под действием физических, химических и биологических мутаций (вирусы, паразиты и т. п.).

По причинам, которые вызывают мутации, они делятся на спонтанные и индуцированные мутации. **Спонтанные** мутации проявляются в силу причин, которые еще плохо изучены. **Индукцированные** — это мутации, осуществляемые в результате естествен-

ных или искусственно направленных воздействий мутагенных факторов. Таким образом, понятие **«идентичные потомки»**, которое используется при обсуждении тематики «клонирование», имеет в основном генотипический смысл: воспроизводство множества генотипов определенного организма. В случае клонирования человека речь идет не о клонировании личности, а о копии ее генотипа, ее биологической основы.

Интерес к клонированию растений и животных сложился давно, однако первые заметные достижения в области клонирования позвоночных животных появились только во второй половине прошлого века. Этот успех во многом определялся созданием хирургического метода изъятия и трансплантации ядер клеток эукариотов: из клеток надо вначале изъять их ядра и поместить одно из них в другую клетку. Все клетки животных, человека делятся на соматические и половые. Первые содержат двойной набор хромосом, вторые — одинарный. Все клетки эукариотов имеют ядра, отделенные ядерной мембраной от других разделов клетки.

Почти 95% всей информации (ДНК) клеток животных и человека содержится в их ядрах и лишь 5% находится вне ядра клетки. По своему физико-химическому составу клетка является вязким структурным состоянием вещества, в котором достаточно явно выделены его подструктуры. Хирургический метод, который был использован при клонировании американскими исследователями в начале 50-х годов XX в., представлял собой использование сверхтонкой пипетки для изъятия и пересадки ядер клеток. Первые опыты по клонированию были связаны с изучением проблемы появления генетически однотипных близнецов, проблемы генетических возможностей так называемых специализированных клеток, составляющих основу тканей, например, организма человека. Немецкий эмбриолог Х. Дриш (1867—1941) искусственным путем разделил клетки двухклеточного зародыша морского ежа и получил два генетически идентичных организма.

Важным успехом в клонировании был результат, полученный английским ученым профессором Стюардом из Корнельского университета. Он доказал, что специализированные клетки организма имеют полный генетический материал для воссоздания всего организма. Раньше считалось, что дифференциация и специализация клеток организма приводит к утрате определенных генов в их генетическом материале. Выращивая отдельные клетки съедобной части моркови (корня) в среде с нужными питательными

веществами и гормонами, он искусственным образом вызвал (индуцировал) процесс деления этих клеток, их рост и размножение, который привел к образованию новых растений моркови. Этот результат был использован английским биологом Д. Гордоном в 1960 г. для получения генетических копий лягушки. В своем опыте Д. Гордон использовал ультрафиолетовое излучение для

изъятия ядра клетки, в которую пересаживалось ядро клетки ткани кишечника другой лягушки.

Опыты с клонированием вначале проводились на амебах, затем на мышах, и потом шотландский ученый Уильмут в 1997 г. клонировал знаменитую овцу Долли. Кроме того, еще раньше проводились опыты по созданию генетически идентичных кроликов, свиней и коров, эти опыты продолжаются. Кратко о сути метода клонирования овцы Долли. Она появилась на свет 15 июля 1996 г., но о ней сделали сообщение лишь в 1997 г. Овца Долли является генетически идентичной своей матери. Из молочной железы ее матери была взята клетка, содержащая ядро с двойным набором хромосом. Это — специализированная или дифференцированная клетка, ядро которой содержит полную генетическую информацию о матери Долли. Затем Уильмут использовал яйцеклетку другой овцы. Яйцеклетка содержит только одинарный набор хромосом. Оплодотворенная яйцеклетка называется зиготой и содержит двойной набор хромосом (один — от мужской особи, другой от женской особи). Яйцеклетка обладает всем питательным, энергетическим ресурсом для возникновения и развития эмбриона. Таким образом, ядро с одним набором хромосом яйцеклетки другой овцы было заменено ядром неполовой клетки матери овцы Долли. Такая замена не может привести к образованию оплодотворенной клетки, т. е. зиготы.

Особенность клонирования овцы Долли состоит именно в искусственном индуцировании работы вновь образованного клеточного материала в направлении его перехода в оплодотворенную яйцеклетку, или зиготу, способную к делению, которая затем была пересажена в соответствующий орган **другой овцы-реципиента** (лат. *rezipientis*— принимающий, получающий). Как правило, деление такой яйцеклетки стимулируют электричеством. Этот метод не является простым, как может показаться: при клонировании овцы Долли было произведено 277 ядерных трансплантаций, в результате было получено 277 эмбрионов, из которых лишь 29 дожили чуть больше 6 дней, и один из полученных эмбрионов развился до пол-

ноценной овцы Долли. В феврале 2003 г. овца Долли были умерщвлена, поскольку страдала острым инфекционным заболеванием легких.

Отличие опыта клонирования овцы Долли от клонирования лягушек Д. Гордоном состоит в том, что вместо ядра яйцеклетки лягушки-реципиента были «вставлены» ядра зародыша, находящегося уже на определенной стадии развития. Эти ядра заставляют работать яйцеклетку реципиента в оплодотворенном режиме. Современные методы позволяют неоплодотворенную яйцеклетку приводить в режим деления и роста, а также выделять стволовые клетки. **Стволовые** клетки — активные к делению соматические клетки, которые возникают на ранних стадиях развития эмбриона, из которых происходит развитие будущих дифференцированных клеток взрослого организма. Как было установлено в конце прошлого века, эти клетки сохраняются во взрослом организме человека, их деление приводит к замещению погибших в организме клеток.

### 4.3.9. Определение жизни

Общая масса всех живых организмов на Земле равна около  $3,6 \cdot 10^{12}$  т, что составляет всего лишь около 0,02% от массы всех неживых тел или косного вещества, по терминологии В. Вернадского. С учетом информации, которой располагают сегодня ученые, о свойствах, строении, обмене веществ и других особенностях живых систем некоторые исследователи дают определения жизни, однако общепризнанного определения жизни нет. Более того, часто во многих авторитетных изданиях их авторы, как правило, избегают вопроса об общем определении жизни, ссылаясь, вполне справедливо, на недостаточную изученность живых систем. Например, в начале своей интересной и во многом спорной книги «Эгоистический ген»<sup>1</sup> Р. Докинз пишет, что основной тезис его книги заключен в утверждении: **все животные и человек представляют собой**

**машины, создаваемые генами.** И в то же самое время, немного дальше по тексту, этот автор правильно подчеркивает, что человек является единственным живым существом, на которое преобладающее влияние оказывает культура, приобретенная предыдущими поколениями.

<sup>1</sup> М.: Мир, 1993.

221

Ниже приводятся определения жизни из книги: «Биология, пособие-репетитор»<sup>1</sup>: «Жизнь — это макромолекулярная система, для которой характерна определенная иерархическая организация, а также способность к воспроизведению, обмен веществ, тщательно регулируемый поток энергии, — являет собой распространяющийся центр упорядоченности в менее упорядоченной Вселенной».

Это определение принадлежит К. Гробстейну, известному американскому биологу.

## ВЫВОДЫ

1. Генетика в прошлом шла от признака организма к гену. Современная генетика развивается от генома к организму и его признакам. Все живые системы являются открытыми термодинамическими системами.

2. Организационная сложность является важнейшим свойством всех живых систем.

3. Несмотря на выдающиеся успехи современной генетики, биохимия клетки как базовой единицы всего живого еще недостаточно изучена.

4. В силу вышесказанного современное клонирование не имеет надлежащего теоретического и экспериментального обоснования.

5. Отсутствие в международном праве общей правовой нормы о клонировании может привести к последствиям, сопоставимым по своим масштабам с изобретением атомной бомбы и ее применением.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ

1. Живые системы и особенности их строения и состава.

2. Генетика и ее роль в развитии биологии.

3. Понятие гена и генома человека.

4. Сущность клонирования и его правовые аспекты.

5. Трудности в определении жизни, живого.

<sup>1</sup> Павлов И. Ю., Вахненко Д. В., Москвичев Д. В. Биология, пособие-репетитор. Ростов-на-Дону: Феникс, 1996. С. 16.

## Глава 4.4. ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЖИЗНИ И ЧЕЛОВЕКА

*Основные понятия: происхождение жизни, дарвинизм, неodarвинизм, антропогенез*

### 4.4.1. Концепции происхождения жизни

Существует несколько концепций происхождения жизни:

А — концепция самопроизвольного зарождения жизни на Земле.

Б — панспермия (от греч. *pan* — все, *sperma* — семя) — жизнь занесена на нашу планету из глубокого космоса.

В — концепция стационарного состояния (жизнь всегда существовала на Земле).

Г — концепция биохимической эволюции (жизнь на Земле возникла в результате сложных процессов, подчиняющихся универсальным физическим и химическим законам, господствующим в природе).

Д — креационизм (жизнь была создана Богом в определенное время, и ее эволюция определяется Божественным всеобщим законом).

Е — концепция «2К» (кооперация и коммуникация) — эта концепция была разработана в 1900 г. русским ученым-философом П.А.Кропоткиным (1842—1921). В ней идет речь в основном о механизме биологической эволюции.

**А. Концепция самопроизвольного зарождения жизни на Земле.** Эта концепция оказала большое влияние на развитие биологических представлений о жизни. В основе ее лежит гипотеза, получившая название абиогенеза, в которой утверждается возможность возникновения жизни из неживого вещества. Противоположной абиогенезу является гипотеза биогенеза, категорически

отрицающая возможность возникновения живого из неживого. Основной тезис этой гипотезы: живое только от живого. Гипотеза абиогенеза в форме учений была сформулирована в древнем Китае, Вавилоне, Египте и в Древней Греции. Однако именно с именем Аристотеля связывают обычно появление этой концепции. Согласно Аристотелю существует некое активное начало (энтелехия), которое присутствует в зародыше животных, семян растений, в солнечном свете и даже в безжизненных телах. Наличие этого активного начала мира объясняет возможность самозарождения жизни, по Аристотелю: «Таковы факты — живое может возникнуть в результате не

223

только спаривания животных, но и разложения почвы. Так обстоит дело и у растений: некоторые развиваются из семян, а другие как бы зарождаются под действием сил природы, возникая из разлагающейся земли или определенных частей растений»<sup>1</sup>.

В эпоху Средневековья Фома Аквинский (1225—1274) был сторонником этого учения Аристотеля. Он считал, что самозарождение осуществляется ангелами, использующими для этого солнечные лучи, созданные Богом Солнца. Гипотеза самозарождения жизни интересовала исследователей эпохи Возрождения и Нового времени. Ряд из них пытался экспериментально доказать справедливость возможности возникновения живого из неживого. Среди подобных попыток особое место занимает опыт голландского ученого Ван Гельмонта (1577—1644). Он описал эксперимент, в котором за три недели якобы создал мышей. Собственную грязную рубашку он положил в темный, плотно закрывающийся шкаф с горстью пшеницы. Через три недели, открыв его, он обнаружил мышей. Следуя Аристотелю, он полагал, что пот его тела на рубашке был «активным началом» для самопроизвольного зарождения мышей. «Опыт» В. Гельмонта положил начало строгому осмыслению понятия эксперимента в науке. Многие сторонники Аристотеля часто приводили сомнительные описания происхождения, например, жаб из утиных трупов или из капель жидкости и т. п. Например, неаполитанский ученый-любитель Джанбатиста делло Горсто опубликовал в 1558 г. книгу под названием «Магия природы», в которой приводится описание местности, где из трупов уток образуются жабы.

В английском переводе книга вышла в Лондоне в 1568 г. и запомнилась читателям стихотворной фразой утки: «Когда меня гноят в земле, я жаб произвожу на свет». В 1688 г. итальянский врач, исследователь Ф. Реди (1626—1697) опубликовал книгу под названием «Опыты по самозарождению насекомых». Он привел строгое описание эксперимента по образованию червей в гниющем мясе трупов трех змей. Его вывод гласил: все черви, обнаруженные в мясе, произошли из отложений, сделанных мухами, а не из гниения мяса. Книга Ф. Реди многократно переиздавалась, расширяя круг сторонников биогенеза и критиков концепции самозарождения Аристотеля. Книга Ф. Реди указывала на

<sup>1</sup> Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология. М.: Мир, 1993. Т. 3. С. 256.

224

существенные трудности гипотезы абиогенеза в ее классической форме, которую представляла концепция Аристотеля. Однако открытие голландским ученым-самоучкой Антони ван Левенгуком (1632—1723) микроорганизмов снова возродило интерес к гипотезе абиогенеза, выраженной в ее классической форме в концепции Аристотеля, но уже в XVIII в.

Английский священник Дж. Нидхем (1713—1781) приводил аргументы в пользу гипотезы абиогенеза: микроорганизмы возникают из небиологического материала или тел. Он утверждал, что если баранью подливку и подобные ей настои сначала нагреть, а затем герметически закрыть в сосуде с небольшим количеством воздуха, то нагревание должно убить все микроорганизмы в этом материале. Но в этом же материале снова рождались микроорганизмы, о чем свидетельствовали наблюдения после герметизации сосуда.

Итальянский аббат исследователь Ладзаро Спалланцани (1729—1799) провел в 1765 г. эксперимент. Подвергнув мясные и овощные отвары кипячению в течение

нескольких часов, он сразу же их герметично закрыл, после чего снял с огня. Исследовав образовавшиеся жидкости, он не обнаружил в них микроорганизмов. Из этого опыта он сделал вывод, что высокая температура уничтожает все живое и что живое не может возникнуть из неживого.

На этот вывод Дж. Нидхем высказал возражение: чрезмерное нагревание внутри закрытого сосуда убивает очень важные для процесса самозарождения организмов элементы, без которых самозарождение вообще невозможно. Как оказалось в дальнейшем, в этом утверждении Дж. Нидхема содержится определенная доля истины: при сильном нагревании, в присутствии органического вещества, содержащийся в воздухе кислород исчезает, а он необходим для живых микроорганизмов. Спор между представителями абиогенеза и биогенеза разрешился к концу XIX в. в пользу гипотезы биогенеза.

В 1860 г. выдающийся французский микробиолог Луи Пастер (1822—1895) провел ряд точных экспериментов, в основе которых лежали методы Спалланцани. Он доказал, что, несмотря на вездесущность и способность бактерий всюду проникать, заражать живое, тем не менее живое зарождается только из живого. Опровержение гипотезы абиогенеза в ее классической форме, в виде концепции Аристотеля, поставило перед исследователями ряд вопросов:

225

1. Представители **витализма** (лат. *vitalis* — жизненный) расценили опровержение концепции самопроизвольного зарождения жизни как неопровержимое доказательство того, что живое является проявлением «особой жизненной силы», которую невозможно понять с позиции естественных наук. Витализм появился впервые во Франции в работах Луи Дюма (1765—1813).

2. Если живое происходит только от живого, то откуда и как появился первый живой организм?

3. Если права гипотеза биогенеза, то между живым и неживым существует непреодолимая пропасть. Осмысление этих проблем привело, с одной стороны, к возникновению концепции панспермии, а с другой стороны, к созданию (в первых десятилетиях прошлого века) новой формы гипотезы абиогенеза, получившей название концепции «биохимической эволюции».

**Б. Панспермия.** Крушение концепции самопроизвольного происхождения жизни в ее классической форме оценивалось исследователями по-разному. Например, Ч. Дарвин в одном из своих писем в 1863 г. писал, что сущий вздор рассуждать сейчас о происхождении жизни. С тем же успехом можно было бы рассуждать о происхождении материи. Ч. Дарвин имел в виду уровень естественно-научных знаний того периода. Но иначе по этому поводу думали в конце XIX в. два выдающихся физика того времени: Г. Гельмгольц и У. Томсон (Кельвин). Г. Гельмгольц высказал мысль, что если все наши попытки получить живые организмы из неживой материи провалятся, то с научной точки зрения правомочно задать вопрос: возникала ли жизнь когда-нибудь вообще или ее зародыши переносятся из одного мира в другой и развиваются повсюду, где есть подходящие условия?

У. Томсон (Кельвин) также считал отнюдь не научной точкой зрения предположение, что в космосе движется бесчисленное множество метеоритных камней, несущих семена жизни, и что жизнь на Земле произошла благодаря таким обломкам более древних миров, которые попали на нашу планету. Создание концепции панспермии было осуществлено в 1908 г. шведским химиком С. Аррениусом (1859—1927). Он допустил, что споры бактерий и вирусов могут уноситься, в том числе и с нашей планеты, под действием электромагнитных сил и перемещаться в космосе под давлением света звезд. В частности, согласно взглядам этого ученого споры могут оседать на частицы пыли и тем самым путешествовать в космосе. Созданную С. Аррениусом концепцию панспер-

226

мии называют **классической формой изложения концепции панспермии**.

В качестве новой формы этой концепции сегодня рассматривается гипотеза о существовании внеземных цивилизаций. Согласно этой концепции

**направленной панспермии** жизнь на Землю «доставлена» некоей более развитой цивилизацией из другой галактики целенаправленным образом. В качестве доказательства этой гипотезы ее авторы ссылаются на неоднократные посещения в прошлом и настоящем нашей планеты неопознанными летающими объектами (НЛО). Представители классической концепции панспермии основывают свои взгляды обычно на результатах исследования метеоритов. Например, при исследовании двух метеоритов — первый упал в 1950 г. возле местности Мози (штат Кентукки, США), второй — в местности Мергисон (штат Виктория, Австралия) в 1969 г. — были обнаружены отдельные аминокислоты и жирные кислоты (метеорит Мергисон). На основе исследований метеоритов ученые пытаются ответить на ряд вопросов: 1) как живое может образоваться в условиях глубокого космоса? 2) если спермы живого переносятся в космическом пространстве, то почему «земная жизнь» не освоила Солнечную систему? Например, на Луне должны быть представители живого, но они не обнаружены.

**В. Концепция стационарного состояния.** Согласно этой концепции Земля никогда не возникала и существует вечно и всегда способна поддержать жизнь. Если и происходили изменения Земли, то очень незначительные. В качестве главного аргумента сторонники этой концепции выдвигают существующие неопределенности в физических, химических, геологических теориях при определении возраста Земли и Вселенной в целом. Виды, согласно этой концепции, существовали всегда и для всех них есть только две возможности: выживать за счет численности либо вымирать. Сторонники этой концепции ставят под сомнение и результаты палеонтологических исследований об изменении живых организмов во времени. Например, по палеонтологическим данным, кистеперые рыбы вымерли 70 млн лет назад. Однако представители этого вида были обнаружены в районе Мадагаскара в наше время. Сравнение палеонтологических данных с существующими видами может иметь, по мнению сторонников этой концепции, лишь экологический смысл: перемещение вида, увеличение его численности или вымирание в неблагоприятных условиях. Существующие разрывы в палеонтологической летописи видов, на которые обратил внимание французский ученый Ж. Кювье (1769—1832), и объяснение их

227

возникновения периодически случающимися катастрофами на Земле используются сторонниками этой концепции в качестве аргументов в пользу вечного, не возникающего и не исчезающего феномена жизни.

**Г. Концепция биохимической эволюции.** Концепция биохимической эволюции — это современное развитие гипотезы абиогенеза. В ней исследуется биохимический уровень эволюции живого на Земле:

1. Какие физические, химические и геологические условия могли способствовать возникновению органических соединений из неорганических в историческом прошлом Земли?

2. Как могло происходить образование жизненно важных полимеров из мономеров для живых организмов?

3. Какие полимеры возникли первыми: белки, не способные к самовоспроизведению, или нуклеиновые кислоты молекул ДНК и РНК?

4. Первыми возникли молекулы РНК или ДНК?

5. Какими могли быть первоначальные организмы с точки зрения механизма обмена веществ, строения и взаимодействия с другими организмами?

6. Как возникла клетка?

7. Каково биохимическое содержание главных факторов эволюции живого, естественного отбора и генетического механизма наследственности и изменчивости?

Основателями этой концепции являются два автора, которые независимо друг от друга развили сходные идеи: академик А. Опарин (1894-1980) и англичанин Дж. Холдейн (1892-1964). В 1924 г. А. Опарин, а затем в 1929 г. Дж. Холдейн сформулировали концепцию, согласно которой живое вещество на Земле



возникло в результате химической эволюции неорганического вещества при наличии соответствующих условий.

Эта концепция основывается на следующих положениях:

1. Отсутствие жизни на Земле до ее возникновения. Считается, что физические, геологические и химические условия, когда возникала жизнь, существенно отличались от условий, когда ее не было, поэтому она не может возникнуть сегодня таким же образом, как это произошло раньше.

2. Единство химической основы живого и неживого.

228  
3. Уникальность физических условий. Определенная масса Земли ( $1/20$  массы Солнца), расстояние от Солнца и других планет и другие физические параметры, которые позволяли удержать атмосферу.

4. Наличие в ранней атмосфере химических элементов в восстановительной форме, без существования кислорода в газообразном, химически несвязанном состоянии.

5. Образование воды на Земле, играющей огромную роль в жизни живого.

6. Целая совокупность физических, химических и геологических факторов (относительно высокая температура поверхности Земли), возможность возникновения мощных электрических разрядов в ранней ее атмосфере, отсутствие озонового слоя, препятствующего губительному воздействию ультрафиолетового излучения на живые организмы.

Предположение о том, что первоначальная атмосфера Земли не содержала свободного кислорода, позволило А. Опарину в книге «Происхождение жизни» (1923) сформулировать следующие положения его концепции:

1. Химические и физические условия на Земле привели к образованию в океанах органических соединений, их накоплению в виде «первичного бульона». Из органической химии того периода было уже известно, что синтез органических веществ лучше проходит в бескислородной, чем кислородной (окислительной) среде, поскольку кислород чрезвычайно активен с другими химическими элементами. Кроме того, из геологических исследований было известно, что, например, металлы в окислительной форме встречаются в молодых породах Земли, а не в древних.

2. В «первичном бульоне» в его одинаковой (гомогенной) массе путем процесса фрагментации образовались капли — **коацерванты** (лат. *coazervatus* — накопленный, собранный), обладающие способностью избирательно накапливать различные соединения.

3. Химический состав коацервантов определялся в основном физико-химическими свойствами среды. Различия в химическом составе и величине коацервантов, по мнению А. Опарина, стали основой для действия предбиологического отбора.

4. Взаимодействие коацервантов с внешней для них средой привело к образованию мембранных структур, обеспечивающих стабильность существования комплексов коацервантов.

229  
5. Развитие мембранных структур, регулировавших взаимодействие коацервантов с внешней средой, могло привести, по мнению А. Опарина, к образованию клеток. Главнейшей ступенью предбиологической эволюции живого в концепции А. Опарина считается объединение способных к самовоспроизведению комплексов нуклеотидов (структуры, составляющие ДНК и РНК) с каталитической активностью белков (полипептидов).

В 1953 г. С. Миллер, молодой американский исследователь, под руководством своего знаменитого соотечественника Нобелевского лауреата Г. Ори выполнил работу, результаты которой глубоко заинтересовали ученых. С. Миллер создал установку, с помощью которой моделировались химический состав предполагаемой первичной атмосферы Земли и ее физические условия, способствовавшие возникновению электрических разрядов в этой атмосфере. Газовая смесь, через которую пропускались электрические разряды, состояла из

паров воды, метана, аммиака и водорода. Изучение состава жидкости, полученной в результате эксперимента, обнаружило в ней органические мономеры: мочевины, несколько аминокислот и молочная кислота.

Результаты С. Миллера проверялись другими исследователями, которые использовали такие факторы воздействия на смесь газов в установке С. Миллера, как ударная волна, радиация, ультрафиолетовое излучение и тепловое излучение. Во всех опытах получались сходные результаты. Из неорганических соединений синтезировались органические соединения. Например, при гамма-излучении обнаружили рибозу и дезоксирибозу.

На современном уровне идеи концепции биохимической эволюции живого с учетом информации о двух факторах эволюционного процесса (естественный отбор и наследственная изменчивость) успешно развиваются **симбиотической** теорией образования **эукариотической** клетки и эволюции одноклеточных и многоклеточных эукариотов (современного царства живых организмов). Эта теория учитывает способы питания первых организмов, уровень структурности их генетического материала, способы воспроизводства и другие факторы.

Согласно этой теории свободный кислород в атмосфере Земли появился в результате фотосинтетической деятельности зеленых растений. До этого ультрафиолетовое излучение являлось основным источником энергии для синтеза органических веществ. Далее высказывается предположение, что образованный древний бе-

лок (полипептид) обладал повышенной активностью, которая способствовала образованию молекул ДНК. Представители этой концепции полагают, что первые организмы (**пробионты**) уже имели главные атрибуты жизни: ДНК, РНК, мембранные структуры, деление и некоторые другие. Действительно, все существующие сегодня живые организмы осуществляют **обмен веществ или брожением, или фотосинтезом, или дыханием**. По отношению к кислороду организмы делятся на **анаэробные организмы**, гибнущие в кислородной среде и на **аэробные организмы**, обязательно нуждающиеся в кислороде, и на те промежуточные, которые могут жить в кислородной и бескислородной среде (часть бактерий и грибов). В симбиотической теории много допущений, некоторые из них имеют подтверждение. Кратко об этих допущениях:

1. В восстановительной атмосфере Земли (без свободного кислорода) первые организмы должны были быть **анаэробными и гетеротрофами** (греч. *heteros* — разный, *trohe* — пища) (т. е. питались органическими соединениями из «первичного бульона» океанов).

2. По мере их размножения органический ресурс океана истощался. Это привело к образованию автотрофных организмов, способных непосредственно использовать световую энергию Солнца и энергию химической связи из неорганических соединений.

3. Жизнедеятельность анаэробов на первичной стадии возникновения живого приводила к возникновению свободного кислорода в атмосфере Земли, что вело к созданию условий возникновения аэробных организмов.

4. Увеличение роста кислорода в атмосфере усложнило жизнь первичных анаэробов-гетеротрофов (появился озоновый слой защиты аэробов и т. п.).

5. Некоторые первичные анаэробы вымерли, другие нашли бескислородные ниши для своего существования (например, метанобразующие бактерии существуют и сегодня в горячих источниках), некоторые из них вступили во взаимодействие с аэробами. Это привело к образованию первых клеток эукариотов. Эти утверждения основываются на исследовании строения, функций, структур современных организмов-анаэробов и организмов-аэробов, для которых необходима определенная норма концентрации кислорода в газообразном состоянии. Многие сохранившиеся роды прокариотов состоят исключительно из анаэробных организмов.

6. Вскоре после возникновения простейших организмов сформировались три

надцарства жизни: археобактерии, зубактерии (включая синезеленые водоросли) и эукариоты (грибы, растения, животные). Для обоснования своих положений симбиотическая теория использует также сравнение геномов современных представителей этих царств и их прародителей.

Во временном масштабе считается, что первые фотосинтезирующие прокариотические бактерии возникли 3,5—3 млрд лет тому назад. 2—1,5 млрд лет назад возникли организмы-эукариоты. У этих организмов механизм обмена веществ эффективнее механизма обмена веществ у организмов-анаэробов в 18 раз. 2 млрд лет назад в атмосфере возник кислород.

Таким образом, согласно этой теории эволюция привела к возникновению анаэробов-прокариотов, затем деятельность анаэробов создала возможность возникновения **аэробов-эукариотов**, для которых необходима определенная норма свободного кислорода. К сожалению, современный человек делает все, чтобы изменить норму содержания кислорода в атмосфере (сжигает, загрязняет и вырубают «легкие» Земли), и тем самым способствует возникновению исторически первой среды обитания для анаэробных бактерий. В современных условиях они усилят борьбу с ныне существующими живыми организмами, которым нужен свободный кислород. В последнем случае речь идет о возможных массовых эпидемиях. Антропогенный фактор современного человека ведет к деградации современной окружающей среды.

В конце прошлого века было сделано интересное открытие на дне рифтовых впадин океанов — «черных курильщиков». Это образования, напоминающие вулканы с кратером, возвышающиеся на десятки метров над океаническим дном. Они состоят из готовой руды. Черный дым, исходящий из них, является нагретой до 350° С взвесью из железа, марганца, меди и серы. На поверхности «черных курильщиков» обнаружены живые организмы, живущие при температуре до +400° С. Они создают из неорганических веществ собственные органические соединения и способны синтезировать так же неорганические соединения в виде конечных продуктов своей жизнедеятельности, например золото. Эти существа напоминают кольчатых червей, достигающих 1 м в длину. Этот факт используется для доказательства правильности теории симбиоза и концепции «2К».

232

**Г. Креационизм.** Креационизм (лат. *creatio* — сотворение) — это концепция, представители которой считают, что жизнь возникла в результате деятельности некоего сверхъестественного события в прошлом. Например, в христианстве таким событием является Бог, создавший все, что мы называем Вселенной. В 1650 г. ирландский архиепископ Ашер из города Арма вычислил дату, когда Бог сотворил мир: 23 октября в 9 часов утра 4004 г. до нашей эры. Эту дату Ашер получил путем сложения возрастов всех людей, упоминающихся в Библии от Адама до Христа (библейская генеалогия). Археологические раскопки показывают, что уже до этой даты существовали высокоразвитые цивилизации. Среди креационистов в духе христианства бытует общее мнение о том, что Божественное творение мира было единожды, без всяких дополнений и коррекции, и в этом творении человек занимает исключительное место: «мир природы, твари созданы для владения им человеком, ходящим под Богом».

Кроме того, сам акт и процесс Божественного творения, как утверждают креационисты, недоступен рациональному научному объяснению, о чем свидетельствуют, по мнению креационистов, результаты самой науки. Аргументация современных представителей креационизма выглядит следующим образом:

1. В разумном устройстве мира ученые могут убедиться на основе экспериментов и наблюдений.

2. Естественный отбор — это ярлык общеизвестного факта, что одни существа жизнеспособнее других.

3. Естественный отбор — это механизм рекомбинации генов в пределах одного

вида.

4. Генетический код видов, созданных Богом, является совершенным.

5. Мутации генов являются вредными и губительными для организма (некоторые креационисты считают, что случайные мутации могут быть и полезными для организмов).

6. Повеление Бога «плодитесь и размножайтесь» часто трактуется как реализация огромного генетического разнообразия, заложенного Богом в геномы организмов, в том числе и одного вида.

#### 4.4.2. Концепции биологической эволюции

Термин «**ЭВОЛЮЦИЯ**» (лат. *evolutio* — развертывание) в науке о живом представляет фундаментальное понятие для объяснения возникновения и развития всего живого. Эволюция подразумевает

233  
необратимое во времени всеобщее постепенное, упорядоченное и последовательное развитие живого от его возникновения до состояния в будущем. Правда, содержание таких терминов, как «необратимое во времени», «последовательное и постепенное развитие», «упорядоченное развитие», остро дискутируется современными учеными.

Если следовать концепции «биохимической эволюции» Опарина — Холдейна, то эволюция организмов означает развитие сложных организмов из предшествующих более простых организмов, которые образовались из **предбиологических** структур с течением времени на Земле. Принято считать, что теория эволюции была создана Ч. Дарвином и впервые изложена в его знаменитой книге «Происхождение видов» (1859), подо этой работы Ч. Дарвина уже существовали различные гипотезы об эволюции. Многих исследователей давно интересовал вопрос о происхождении видов и само понятие вида. Термин «вид» (лат. *species* — взгляд, образ) был использован К. Линнеем (1707—1778) для классификации организмов по их сходству и четкому различию признаков. При этом он полагал, что виды — это реальные образования в природе и в пределах одного вида многие его существенные признаки меняются постепенно, что позволяет их выстроить в определенный род. В его классификации брались во внимание только внешние признаки. Он считал, что роды возникли по отдельности, а виды — варианты родов. Через 100 лет после создания этой классификации была разработана французским ученым М. Б. Ламарком (1744—1829) гипотеза об эволюции, основанная на двух предпосылках: упражнение (и не упражнение) частей организма и наследование приобретенных признаков. Эта гипотеза развивала идею о том, что организмам свойственно внутреннее стремление к совершенствованию под действием окружающей среды. Например, длинная шея жирафа — результат упражнений многих поколений этого вида для добывания необходимых им листьев с деревьев. Гипотеза Ламарка породила исследовательскую дилемму: если виды неизменны, то они дискретны и поэтому реальны, если же они изменчивы во времени, то в природе они как реальные образования не могут встречаться. Ж.-Б. Ламарк пришел к выводу, это термин «вид» имеет лишь техническое, инструментальное значение. Эта дилемма рассматривалась Ч. Дарвином, но ее разрешение было достигнуто только к середине XX в. в рамках так называемой **синтетической теории эволюции**, созданной благодаря работам таких

234  
ученых, как Н. И. Вавилов (1900—1943), американский биолог Э. Майр (р. 1904), Н. В. Тимофеев-Ресовский (1900—1981) и другие.

В этой теории вводится понятие биологической концепции вида: виды реальны, состоят из особей, а все особи вида имеют общую генетическую программу, которая возникла в ходе предшествующей эволюции. Концепция биологического вида использует ряд критериев для выявления общих и особенных признаков разнообразных видов, среди которых выделяются

морфологический, генетический и эколого-географический.

С учетом этих критериев существует несколько определений вида. Например, с учетом эколого-географического фактора вид представляется группой особей, занимающих одну и ту же экологическую нишу: два разных вида никогда не могут занимать одну экологическую нишу. Концепция биологического вида предполагает свободное скрещивание в пределах популяции и межпопуляционных связей, которое поддерживает целостность вида. Однако это положение не работает в случае бесполого размножения, партеногенетических и самооплодотворяющихся видов.

Основная идея Ч. Дарвина состоит в том, что он предложил изучение эволюции не с изучения отдельных особей, а с сообществ особей, популяций. Взаимодействие между родственными особями в популяции приводит в теории Ч. Дарвина к эволюции организмов. Теория эволюции Ч. Дарвина предложила два основных принципа: принцип естественного отбора и принцип **дивергенции** (лат. *divergentis* — расхождение). Последний принцип, как полагал

Ч. Дарвин, может быть использован для объяснения видового разнообразия организмов на Земле. Он полагал, что сходные организмы связаны узами родства и происходят от одного предка. Развитие эволюционной теории Ч. Дарвина произошло в определенной степени под влиянием идеи, сформулированной английским экономистом священником Т. Мальтусом (1766—1834).

В 1778 г. Томас Мальтус опубликовал работу «Трактат о народонаселении», в котором описал негативные последствия не сдерживаемого ничем естественного роста населения (предположение Мальтуса о росте численности по геометрической прогрессии не подтвердилось, но проблема была поставлена правильно, о чем говорят современные проблемы роста численности населения). Рассуждения Т. Мальтуса были должным образом оценены двумя исследователями независимо друг от друга Ч. Дарвином и А. Уол-

лесом (1823—1913), который первым стал использовать термин «дарвинизм».

В 1853 г. Уоллес изложил на 20 страницах собственные идеи объяснения, каким образом происходит эволюция, и послал их Ч. Дарвину. Далее Дарвин и Уоллес выступили в июне 1858 г. с докладами о своих идеях на заседании Лондонского Королевского общества. Спустя почти год Дарвин опубликовал свою знаменитую книгу «Происхождение видов путем естественного отбора» (1859).

Теория Дарвина — Уоллеса не доказывала существования эволюции в живой природе, а предлагала объяснение механизма, как она может происходить. В частности, она утверждала, что естественный отбор дает объяснение возникновению новых видов из предшествующих:

**Факт 1.** Особи, входящие в состав популяции, обладают большим потенциалом размножения.

**Факт 2.** Число особей в каждой данной популяции примерно постоянно.

**Факт 3.** Во всех популяциях существует изменчивость.

Выводы из этих фактов:

1. Многие особи не могут оставить после себя потомство. В популяции идет борьба за существование.

2. В популяции наиболее приспособленные к условиям жизни имеют больше преимуществ оставить после себя потомство, чем менее приспособленные. Вывод под номером 2 выражает гипотезу о естественном отборе как механизме эволюции. Авторы трехтомного труда «Биология»<sup>1</sup> считают, что теория эволюции Дарвина обрела множество неверных представлений о ней: 1) Дарвин не пытался объяснить возникновение жизни на Земле, поскольку в его время для этого не было достаточных знаний; 2) естественный отбор — это не разрушающая негативная сила, а механизм, с помощью которого в популяцию вносятся новшества.

Английский философ Г. Спенсер (1820—1903), изучая идею естественного

отбора, ввел такие неадекватные научному понятию эволюции термины, как «выживание более приспособленных» и «устранение менее приспособленных», которые были подхвачены тогдашней прессой.

3. Прямолинейная трактовка прессой того времени концепции естественного «происхождения человека от обезьяны» создала

<sup>1</sup> Грин Ч., Стаут У., Тейлор Д. Биология. В 3 т. М.: Мир, 1993.

236

негативное отношение религиозного общества к эволюционным идеям Ч. Дарвина.

В современных представлениях эволюции используется термин «неодарвинизм»: теория органической эволюции путем естественного отбора признаков, детерминированных генетически. Для того чтобы обосновать так сформулированную неодарвинистскую теорию, необходимо иметь следующую достоверную информацию: 1) установить факт изменения форм жизни в прошлом; 2) выявить механизм, производящий эволюционные изменения на генетическом уровне (отбор генов); 3) доказать эволюцию, происходящую в настоящее время и в будущем.

Сформулированная во второй половине прошлого века теория молекулярной эволюции позволила исследовать и уточнить основные положения неодарвинизма: изменение генома, возникновение новых генов, роль мутаций генов, активность и пассивность генов в приспособляемости организмов и другие вопросы. Например, американские исследователи Э. Цукеркандль и К. Полинг, определяя скорость эволюции разных белков как число аминокислотных замен в год на данную позицию в белке, а скорость эволюции гена как число нуклеотидных замен на данную позицию в ДНК, предложили метод определения дивергенции теории эволюции Ч. Дарвина. Эти авторы построили модель эволюции альфа-глобиновых молекул, которая уточнила время дивергенции видов, т. е. момент, когда два существующих сегодня вида имели общего предка. Например, согласно этим методам общий предок человека и карпа существовал 400 млн лет тому назад, а человека и собаки — 70 млн лет тому назад. Эти результаты проверялись и на других белках этих же видов. Изучение эволюции на молекулярном уровне подтверждает, по мнению ряда микробиологов, важную роль естественного отбора на генетическом уровне: мутации, которые снижают активность важных генов и их частей, бракуются. Это обстоятельство лежит в основе гипотезы о нейтральной эволюции на молекулярном уровне, представители которой утверждают, что значительная часть генных мутаций не влияет на приспособляемость организмов. Эти нейтральные мутации закрепляются в популяции за счет дрейфа генов.

Представления об эволюции живого постоянно углубляются и расширяются современным естествознанием. В частности, представители концепция «2К» считают, что главным фактором эволюции является взаимопомощь и сотрудничество. Американ-

237

ский ученый Линн Маргулис развивает эту идею на клеточном уровне, утверждая, что митохондрии (поставщики энергии в клетке) раньше существовали отдельно, но затем были гармонично соединены с другими элементами клетки.

#### 4.4.3. Антропогенез

Проблема происхождения человека (антропогенез) — одна из сложнейших проблем естествознания. У многих древних народов южной Азии и Африки существовали предания о происхождении человека от обезьян (орангутанг по-малайски означает лесной человек). В западно-европейской культуре, основанной на христианстве, человек рассматривается как созданное Богом разумное существо. Проблема естественного происхождения человека была поставлена как научная проблема в западно-европейской культуре. К. Линней (1707—1778) в десятом издании своего знаменитого труда «Система природы» объединил Лихин А. Ф. Концепции современного естествознания: учеб. — ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. - 264 с.

человека и обезьяну на основании их сходства в один род (род биологический объединяет близкие по происхождению виды, К. Линей имел в виду лишь сходство). В его систематике в род «*Homo*» (человек) включались его виды: «человек лесной» и «человек пещерный». Ж.-Б. Ламарк в начале XIX в. высказал предположение о родстве человека и орангутанга. Но данных описания отдельных видов обезьян тогда не было: описание гориллы появилось лишь в 1874 г., бонобо (карликовый орангутанг) — в 1933 г.

Трудности, с которыми столкнулись первые исследователи при изучении антропогенеза, заключались, во-первых, в скудности находимых останков (в основном находили зубы и отдельные кости) и, во-вторых в отсутствии эффективных методов, позволяющих дать достоверное описание найденных останков.

В XIX в. произошли очень важные события с точки зрения развития теории антропогенеза. В 1823 г. в Уэльсе (Англия) было найдено погребение, в нем находился обезглавленный скелет, украшенный раковинами и посыпанный красной охрой. Было высказано мнение, что это скелет женщины, которую называли «Красной леди», но через сто лет установили, что этот скелет принадлежит особи мужского пола. В 1848 г. в Гибралтаре был найден череп существа, которого теперь называют человеком гибралтарским. Найденный череп был помещен в музей и пролежал там без всякого интереса к нему до 1864 г.

238

В 1856 г. в долине реки Неандерталь, вблизи г. Дюссельдорфа (Германия), был найден череп и другие останки существа, получившего название неандертальца. Все существа, останки которых были обнаружены в указанные выше даты, уже не были, по существу, обезьянами и имели материальную культуру (производство орудий). В дальнейшем были найдены останки неандертальцев и в других местах, кроме Америки и Австралии. Объем головного мозга этих людей, которых называют общим названием «древние люди» (палеоантропы), достигал 1418 см<sup>3</sup>. Эти люди имели средний рост, сильное атлетическое сложение, хоронили своих близких, имели культуру захоронения, создавали различного рода скребки и наконечники. По всем параметрам палеоантропы (включая неандертальца) были древними разумными людьми, поэтому их назвали *Homo sapiens* (человек разумный),

В 1868 г. в фоте Кро-Маньон (Франция) были найдены останки человека, получившего название кроманьонца, который по своим анатомическим данным не отличался от современного человека. Кроманьонец и современный человек образуют стадию неантропов, на которой биологические механизмы антропогенеза перестали действовать. Представители неантропов входят в общую группу, получившую название *Homo sapiens sapiens* (человек разумный разумный). В этом названии подчеркивается, что дальнейшее развитие этого существа связано исключительно с его разумом. Первоначально предполагалось, что древние люди (*Homo sapiens*) уступили свое место новым людям (*Homo sapiens sapiens*) приблизительно 38—40 тыс. лет тому назад. Однако сопоставление материальной культуры (производство орудий) древних людей (*Homo sapiens*) и ранних новых людей (*Homo sapiens sapiens*) приводит к выводу, что новые люди могли существовать значительно раньше: около 150 тыс. лет тому назад. Важным событием в XIX в. было нахождение останков **дриопитека**.

**Дриопитек** (древесная обезьяна) — останки были найдены в 1856 г. во Франции, описан уже в конце XIX в. Сведения о древних высших человекообразных обезьянах представлены останками (в основном зубы) в так называемом миоценовом периоде (в неогеновой шкале это период имеет начало от 25 млн лет тому назад и продолжается около 23 млн лет). Этот период характеризуется влажным тропическим климатом. Пальмы и магнолии росли по всей Европе. Найденный в миоценовом слое породы на территории Африки дриопитек жил приблизительно 9 млн лет тому назад.

239

Дриопитек, найденный в Кении (Африка), жил 14 млн лет тому назад.

Близкими к дриопитеку являются рамапитек и сивапитек (обезьяны Рамы и Шивы, названия от имен индийских богов), вначале их останки были найдены в Индии, затем и в Африке. Изучение эмали зубов дриопитека из Кении склонило исследователей к мнению, что именно этот дриопитек является пращуром человека. Считается что дриопитеки, жившие 14—9 млн лет тому назад, обладали рядом особенностей, которые могли получить дальнейшее развитие по линии антропогенеза: развитая центральная нервная система, цветное бинокулярное зрение, хватательные передние и задние конечности.

Открытия, сделанные в XIX в. в области антропогенеза, позволили исследователям конца этого века выстроить следующую линию антропогенеза: **дриопитек — провал — древние люди — новые люди.**

Эта схема не имела сведений об австралопитеках. Немецкий ученый Э. Геккель высказал идею, что между обезьянами и древними людьми должна быть стадия, когда возникло существо, у которого человеческие биологические и социальные черты преобладают над чертами, которые свойственны обезьянам.

В 1881 г. голландский врач и анатом Э. Дюбуа (1858—1940) обнаружил хорошо сохранившиеся останки существа, которого имел в виду Э. Геккель (черепная коробка, три зуба и бедренная кость). Это существо Э. Дюбуа назвал питекантропом (от соответствующих слов греческого языка: обезьяна и человек). В дальнейшем были найдены останки синантропа (китайского человека). Останки питекантропа и синантропа были найдены в Венгрии, Алжире, Южной Африке и в других местах, кроме Америки и Австралии. Найденный на Яве питекантроп имел объем мозга  $900 \text{ см}^3$ , рост 170 см. Он пользовался огнем, создавал колюще-режущие орудия, имел строение головного мозга с отделами, которые управляют процессом понимания звуковых сигналов, что необходимо для развития речи и языка. Предложенная в XIX в. схема антропогенеза существенно изменилась с открытием австралопитека.

**Австралопитек** (лат. *australes* — южный, греч. *pitēkos* — обезьяна). В 1924 г. английский ученый Р. Дарт на территории бывшего государства ЮАР нашел хорошо сохранившийся череп шестилетнего существа-детеныша, которого он назвал южной обезьяной (австралопитек). Р. Дарт высказал гипотезу, что австралопитеки, занявшие нишу длиною в 5 млн лет в антропогенезе от дриопитека,

240  
приспособились к новым климатическим условиям: перешли на передвижение на двух ногах (о чем свидетельствует строение их найденных тазобедренных костей), сбросили шерстяной покров, жили стаями, пользовались огнем. Одну разновидность австралопитеков Г. Дарт назвал Прометеями (имя греческого титана, принесшего огонь людям). Гипотеза Г. Дарта была, по существу, высмеяна: уж очень умными были эти существа, по Г. Дарту.

Однако в 1962 г. английские ученые М. Ликки и Л. Ликки обнаружили в вулканическом ущелье Олдувай (или Олдовой) в Центральной Африке (Танзании) скелетные останки австралопитека с объемом головного мозга  $642 \text{ см}^3$  (объем головного мозга современного человека составляет в среднем от 1000 до 2000  $\text{см}^3$ ). Затем стали находить останки австралопитека вместе со сверхпримитивными орудиями, предметами, форма которых была изменена другими естественными предметами. Этого австралопитека назвали (*Homo habilis*) **человеком умелым**. Его орудия представляют собою расколотую под определенным углом гальку, слегка заостренную. В природе расколотые таким способом гальки и камни не встречаются.

«**Олдовайская галечная культура**», как назвали ее исследователи, имеет возраст около 2 млн лет. Элементы (гальки, камни) этой культуры найдены и в других местах (Прибайкалье, Африка, Ближний Восток), но кости скелета, другие останки австралопитека-умелого обнаружены только в Африке. Таким образом, гипотеза Г. Дарта, о которой он говорил в первой половине прошлого века, определенным образом подтвердилась.



Остается загадкой найденный череп австралопитека, жившего 2 млн лет тому назад, объем головного мозга которого 777 см<sup>3</sup>. Это время человека умелого, но объем головного мозга этого австралопитека существенно больше, чем у человека умелого. Время становления австралопитека относят к периоду от 9 до 5 млн лет тому назад. Один миллион лет тому назад представители австралопитеков уступили место другой стадии в линии антропогенеза, но возникал вопрос: какой? Этот вопрос был задан во второй половине прошлого века. В 1974 г. в Эфиопии нашли скелет австралопитека (сохранилось 40% костей), который жил 3 млн лет тому назад. Не совсем понятен переход от дриопитека к австралопитеку. Как это произошло, поскольку в самой своей заключительной стадии раз-

241  
вития линии австралопитеков появляется человек умелый (*Homo habilis*), которому дают возраст 1,75 млн лет?

Главным фактором появления человека умелого считается изменение климатических условий: замена тропических лесов на саванны и сухие степи. Исследования в XX в. установили многообразие питекантропов и синантропов, поэтому эту стадию в антропогенезе называют архантропами (древнейшими людьми, близкими по биологическим, анатомическим и социальным поведенческим чертам к человеку). Архантропов называют общим названием *Homo erectus* (человек прямоходящий, выпрямленный). Найденный в Венгрии архантроп имел объем головного мозга около 1400 см<sup>3</sup>.

Считается, что архантропы появились приблизительно 1,5 млн лет назад и лишь 500 тысяч лет назад были вытеснены более прогрессивными потомками. Неясным остается вопрос об отношении архантропов к гигантопитекам и мегантропам, останки которых найдены в Юго-Восточной Азии. В основном найдены большие зубы: были ли эти существа раньше архантропов, поскольку у одной из ветвей австралопитеков были большие зубы, или они были современниками архантропов? В настоящее время линия антропогенеза выглядит следующим образом: **дриопитек — австралопитек — человек умелый — человек прямоходящий** (архантроп, или *Homo erectus*) — **человек разумный** (палеоантропы, включая неандертальца или *Homo sapiens*) — **человек разумный разумный** (неоантропы, или *Homo sapiens sapiens*).

Сравнительная анатомия, биохимия, биофизика, генетика и другие науки уточнили некоторые стороны антропогенеза.

1. По своему генотипу человек близок к крупным человекообразным обезьянам. Имеется в виду сравнение последовательности нуклеотидов в одном и том же гене.

2. По генотипу к человеку ближе шимпанзе, чем горилла и орангутанг. Дриопитеки напоминают карликовых шимпанзе.

3. Эволюционная линия человека и шимпанзе разошлась, по-видимому, около 5 млн лет тому назад. Здесь учитывается скорость возникновения мутаций.

4. Данные анализа мт-ДНК (митохондрии) свидетельствуют, что мт-ДНК современного человека происходит от группы женщин численностью примерно 2 тыс. человек, жившей 100—150 тыс. лет тому назад. Представительницу этой группы на-

242  
зывают **митохондриальной Евой** (гены мт-ДНК наследуются только через яйцеклетку).

5. По-видимому, для антропогенеза на всех его стадиях было характерно многообразие, которое мы наблюдаем сегодня в виде существования на Земле рас человека. Термин «раса» был введен французским ученым Ф. Беренье в 1684 г.

6. Более глубокое изучение генома человека и развитие современных методов биохимии позволит уточнить интервалы стадий антропогенеза, а также другие важные, относящиеся к нему вопросы (место происхождения человека, пути его распространения по Земле, эффект «бутылочного горлышка» и другие). Эффект «бутылочного горлышка» означает снижение уровня генетического разнообразия. Например, индейцы Америки имеют одну и ту же группу крови — как результат

их долгой географической изоляции.

В настоящее время наиболее правдоподобной считается гипотеза, согласно которой самой древней родиной современного человека является Африка, где 200 тыс. лет тому назад появились первые представители человека разумного. В 2002 г. во многих газетах и журналах была помещена фотография черепа, найденного в пустыне Джураб в Чаде возрастом от 6 до 7 млн лет. Передняя часть этого черепа свидетельствует о том, что у этого существа черты «лица» были близки человеческим, а задняя часть черепа имеет сходство с тыльной стороной черепа обезьян. Обсуждение этого открытия интересно изложено в журнале «Ломоносов»<sup>1</sup>.

В феврале 2004 г. было интересное сообщение о сравнительном анализе 377 генетических признаков людей из 59 популяций (русские и другие), проведенном в Институте общей генетики Российской академии наук. В этом исследовании использовался факт, что ДНК разных людей одной популяции совпадает на 99,9%, то есть все различия приходятся на 0,1%. В этом 0,1% содержится 3 млн пар нуклеотидов. Оказалось, что все генетическое разнообразие ныне живущих людей сводится к одной небольшой группе, которая обитала на территории Африки порядка 100—150 тыс. лет назад и численностью около 2 тыс. человек<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> 2003. №218. С. 74.

<sup>2</sup> Аргументы и факты. 2004. № 7. С. 34.

243

## ВЫВОДЫ

1. Наиболее разработанной концепцией происхождения жизни является концепция биохимической эволюции.

2. Эта концепция позволила проанализировать общие закономерности геологической и биологической эволюции на нашей планете.

3. Она не дает окончательных решений на многие вопросы происхождения жизни на Земле, но на ее основе сформировались перспективные исследования (расшифровка генома живых организмов, клонирование, биохимические основы долголетия и другие).

4. Концепции происхождения жизни обращают внимание человека на его отношение к природе.

5. В эволюции человека важную роль сыграл фактор производств орудий труда. Этот фактор, его роль признаются практически во всех современных концепциях происхождения человека.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ

1. Концепция биохимической эволюции.
2. Панспермизм.
3. Современные представления о биологической эволюции.
4. Современные представления о происхождении человека.
5. Концепция «2К».

## Глава 4.5. ЧЕЛОВЕК, ЕГО БУДУЩЕЕ В СВЕТЕ ДОСТИЖЕНИЙ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

*Основные понятия: нанотехнология, исследование человеческого мозга, гипотезы здоровья человека, биоэтика, правовые вопросы развития современного естествознания*

### 4.5.1. О прогнозах развития естествознания

В прогнозах развития естествознания особое значение придается следующим направлениям: 1) дальнейшее развитие достижений естествознания прошлого века; 2) создание новых теорий и экспериментальных методов изучения сложных саморазвивающихся систем; 3) ориентация всей науки на решение глобальных, практически значимых проблем развития современной цивилизации.

Достижения естествознания прошлого века качественно изменили производительные силы общества на основе объяснения ряда физических, химических и биологических процессов, которые длительное время были недоступны для их практического использования в жизни людей (энергия атома, волновая природа излучений, генетическая природа наследственности и многое другое). Естествознание прошлого века позволило создать современные технологии: ядерная энергетика, лазерная техника, технология сверхпроводимости в передаче электромагнитных сигналов, тонкопленочная

технология производства микросхем, цифровое представление волновых процессов в передаче информации и многие другие.

В прошлом веке был сделан существенный прорыв в развитии космической техники. В 1986 г. была запущена на орбиту Земли пилотируемая космическая станция «МИР» (СССР).

Деятельность станции обогатила современную технологию решения таких сложных задач, как обеспечение и создание среды нормального функционирования организма космонавта, управление космическим объектом и другие вопросы. При спуске этой станции были использованы скафандры, которые позволили опустить на Землю, как с парашютом, оборудование, интересное с точки зрения его физического состояния в результате работы в космосе. Другой пример программа «Вояджер-1» и «Вояджер-2» (США). Эти аппараты запущены в 1977 г. для получения информации о самых далеких планетах Солнечной системы и ее спутниках. В 1991 г. аппараты вышли за пределы Солнечной системы,

245  
до сих пор посылая слабые сигналы на Землю. Полет аппарата «Вояджер-2» от Земли до Нептуна занял 12 лет. Приблизительно через 26 тыс. лет эти аппараты встретятся с первым объектом несолнечной системы.

Исследование космоса в прошлом веке было направлено на решение не только познавательных, военных, но и практических задач, связанных с развитием новых «земных» технологий. В частности, программа «Вояджер» включала исследование траектории движения крупных астероидов, которые пересекают траекторию движения нашей планеты. В восьмидесятых годах прошлого века был обнаружен астероид НТ7, траектория движения которого находилась на расстоянии приблизительно около 6 млн км от орбиты вращения Земли вокруг Солнца. Некоторые астрономы высказали на основе предварительных результатов вычисления его орбиты предположение о том, что 1 февраля 2019 г. этот астероид диаметром 2 км может упасть на нашу планету со скоростью 28 км/с, что приведет к глобальной катастрофе на Земле, гибели всей современной цивилизации.

В целом многие ученые считают, что космонавтика прошлого века была мощным стимулом развития естествознания и должна развиваться в XXI в., поскольку космические исследования требуют соответствующего уровня развития «земной» технологии. Например, корабль «Буран» (СССР, 1988 г.) провёл в космосе всего три часа, но наши ученые и инженеры (математики, программисты, металловеды и представители других технологий) доказали реальную возможность управления космическим кораблем в полном автоматическом режиме, что стало общепризнанным сегодня фактом. Россия планирует запуск пилотируемого корабля на Марс в 2014 г. Российские ученые разрабатывают идею создания атмосферы на Марсе, вполне пригодной для жизни человека. На Марсе есть огромные запасы воды в виде льда и атмосфера, состоящая в основном из  $\text{CO}_2$ , N и Ar.

К «незавершенным» достижениям естествознания и технологии прошлого века относится продолжающееся строительство самого крупного и дорогого ускорителя физических частиц, который по проекту должен был быть введен в 2000 г., но по финансовым причинам превратился в «долгострой». Стоимость его оценивается в 8 млрд долларов. Строительство ускорителя идет в Техасе (США). Это туннель на глубине 50 м в форме окружности длиной 87 км и диаметром около 3 м. Это «беговая» дорожка для

246  
летающих навстречу друг другу двух пучков протонов, которые будут разгонять почти до скорости света за счет встроенных в туннель 9000 сверхпроводящих магнитов. Нестабильность протона, его распад, составляет  $3 \cdot 10^{32}$  лет.

Столкновение протонов будет происходить в специальных камерах с выделением энергии, которая по своей мощности будет в 20 раз, как полагают, больше той, которая достигалась на современных ускорителях. Изучение

физической природы такой энергии позволит физикам существенно продвинуться в развитии теории элементарных частиц. Ускоритель, о котором говорилось выше, относится к типу коллайдеров, т. е. ускорителей, где осуществляется разгон и столкновение встречных частиц, движущихся со скоростью, близкой к скорости света.

#### 4.5.2. Нанотехнология

Нано (греч. *nano* — карлик) — приставка, обозначающая миллиардную долю единицы измерения (1 нм —  $10^{-9}$  м). Это технология создания микротел и их систем на основе расположения атомов. Как известно, различие между телами материального мира проявляется в количестве атомов, из которых они состоят, и в их расположении относительно друг друга. Нанотехнология — это технология XXI в. Специалисты уже сегодня говорят о прямо-таки фантастических возможностях этой технологии. Создание органических соединений с использованием генетической информации о полезных для человека продуктах, например питания. Производство микробиологических роботов для устранения «неполадок» в организме человека. Создание на молекулярном уровне систем «органическое — неорганическое» (микросхемы), способных, например, улучшать и усиливать функции работы органов чувств человека, а также создание машин умнее человека и т. д.

Первые попытки расположения отдельных атомов в заданном порядке были осуществлены в 1981 г. с помощью туннельного микроскопа: сверхтонкая игла проводится к поверхности тела на расстоянии диаметра атома, что позволяет электронам атомов на поверхности тела создавать с проводимой металлической иглой электрический ток в замкнутом контуре, состояние которого регулируется движением иглы. В рекламных целях специалисты фирмы «Ай-Би-Эм» расположили таким методом 35 атомов для изображения названия собственной фирмы.

247

Грубо говоря, нанотехнология является технологией «записи» огромного количества информации на мельчайших материальных носителях. Эта технология представляет большой интерес для исследователей человеческого мозга, одной из величайших тайн природы.

#### 4.5.3. Исследование человеческого мозга

**Цефализация** (греч. *kephale* — голова) — концепция, согласно которой эволюция жизни на Земле является направленным процессом, повышением роли головного мозга, центральной нервной системы в развитии биологических видов на Земле. Идея этой концепции принадлежит американцу Д. Дану (1813—1895), высказавшему ее в конце XIX в. Однако развитие этой идеи связано с учением В. И. Вернадского о биосфере. Он писал, что в течение всего эволюционного процесса, начиная с кембрия, т. е. в течение пятисот миллионов лет, мы видим, что от времени до времени, с небольшими промежутками остановок до десятков и сотен лет идет увеличение сложности и совершенства строения центральной нервной системы, т. е. центрального мозга. Эта идея В. И. Вернадского изложена в его работе «Химическое строение биосферы Земли и ее окружения»<sup>1</sup>.

В прошлом веке исследования строения и функций головного мозга человека показали, что контроль деятельности всех органов и систем организма человека, объединение их в единое целое и организация их совместной работы осуществляются нервной системой, которую по выполняемым функциям подразделяют на центральную (ЦНС) и периферийную (ПНС). К ЦНС относится головной и спинной мозг. К ПНС — отходящие от спинного и головного мозга нервы и нервные узлы. ПНС подразделяют, в свою очередь, на соматическую (координирует деятельность поперечно-полостной мускулатуры) и вегетативную (автономную), которая регулирует активность работы внутренних органов, желез и гладкой мускулатуры.

Созданный в прошлом веке структурно-функциональный подход к изучению функций головного мозга, нервной системы человека позволил подойти к более тщательному исследованию нервных клеток (нейронов). Человеческий мозг состоит приблизительно-

<sup>1</sup> М.: Наука, 1965.

248

но из 100 млрд нейронов (от греч. слова - жила) и около 1 трлн синапсов. На каждый среднего размера нейрон мозга человека приходится десяток **глиальных** клеток, склеивающих все нейроны в единую систему и до 10 тыс. синапсов (от греческого слова, означающего соединение), которые обеспечивают передачу нервных сигналов (импульсов) от одного нейрона к другому. Важным компонентом нервной системы являются **нейрогормоны**, т. е. химические вещества, передающие нервные импульсы через **синаптические** системы связи между нейронами. К ним относится адреналин и ряд других веществ. Расстройство системы производства соответствующих **нейрогормонов** приводит к нарушению системы передачи импульсов между нервными клетками, что выражается, например, в ослаблении памяти и т. д.

Несмотря на то что исследования человеческого мозга интенсивно развивались в прошлом веке, тем не менее остается много загадок в понимании этого чрезвычайно сложного образования: как происходит, например, процесс формирования сознания и мышления?

Часто в дискуссиях по проблемам изучения мышления можно услышать такую реплику: у человека нет органа, для того чтобы думать, размышлять, поскольку мозг занят решением сверхсложных задач управления всем человеческим организмом в целом. Ранее предполагали, что мозг в основном связан с обеспечением психических функций человека, однако глубокое изучение работы всего организма человека убедило ученых в том, что человеческий мозг играет важнейшую роль в управлении всем организмом и его поведением в материальной и социально-психологической среде. Клетки головного мозга крайне чувствительны к нормальному процессу кровоснабжения: предел реанимации, например, коры больших полушарий головного мозга находится в интервале от 3 до 8 мин, что значительно меньше предела выживаемости других органов человека.

С развитием нанотехнологии специалисты связывают большие надежды с возможностью точного воспроизведения некоторых важных функций деятельности головного мозга: управление отдельными мышцами и т. д.

Этот подход основывается на предложении сходства функций, выполняемых мозгом, состоящим из огромного числа малых размеров нейронов и функций систем, реализованных на микросхемах, которые моделируют отдельные процессы головного мозга:

249

микросхема плюс нейрон, передающий нервный импульс в соответствующие нервные клетки.

Большую роль в развитии этого подхода играют методы математической топологии, раздела современной математики, изучающей строение разнообразных структур и их преобразования, т. е. способы перехода от одной в другую. Все материальные тела являются определенными пространственными фигурами расположения частиц, атомов, молекул, и, следовательно, информация об их расположении может быть использована для создания различных структур на микросхемах. Информация в головном мозге человека структурирована («записана») в 10 000 раз плотнее, чем в современных компьютерах.

**Искусственный интеллект.** **Интеллект** (лат. *intelectus* — ум, рассудок) — сложное образование. Грубо говоря, это целостная система функций человеческого ума или способностей человека создавать знания о мире, принимать решения и строить свою деятельность в соответствии с создаваемыми идеалами и ценностями. Люди давно интересуются созданием технической системы, способной решать задачи и выполнять функции естественного

интеллекта.

**Искусственный интеллект** — это, грубо говоря, способность технической системы решать задачи с элементами творческого мышления. В 1936 г. английский математик А. Тьюринг (1912—1954) предложил примерный критерий различения естественного и искусственного интеллекта. Исследователь задает вопросы двум респондентам, находящимся в двух изолированных комнатах. В одной из комнат находится вместо респондента-человека техническое устройство, отвечающее на вопросы исследователя. Если исследователь не заметит разницы **в получаемых ответах от машины и человека, то он будет убежден в том, что ответы ему дает человек, а не машина.**

Сегодня развиваются два направления в создании искусственного интеллекта. Первое направление — это создание все более сложных программ для решения стандартных типов задач естественного интеллекта в принятии решений (экспертные оценки, деловые игры и т. д.). Второе направление связано с исследованием самого естественного интеллекта (что такое мышление и т. д.).

#### 4.5.4. Генетика

Двадцать первый век часто называют веком биологии, генетики. Успехи генетики прошлого века вселяют как надежды, так

250 и опасения этического, правового и научного характера. Генетики говорят о возможности биологического ремонта человека. Некоторые из них обещают разгадать полностью генетическую «тайну» человека и обеспечить человечество в будущем безопасными **генетически модифицированными продуктами питания.** Эти продукты питания получают в результате вставки гена или нескольких генов одного организма вместо функционально сходных генов другого организма. Например, вместо гена теплолюбивости помидора вставляется ген живущей в холодных водах рыбы. Современное общество с большой осторожностью относится к предложениям генетиков, вспоминая предложения, которые давали, например, в недалеком прошлом специалисты по ядерной энергетике. В частности, некоторые специалисты утверждают, что в результате создания производства генетически модифицированных продуктов питания можно накормить от 1,5 до 2 млрд человек (в конце прошлого века общая площадь производства этих продуктов составляла всего лишь 39,9 млн га во всех странах в целом). Правда, последствия массового употребления продуктов с генетически модифицированной структурой еще слабо изучены.

Предполагается, что в первом десятилетии нового века будет известно, как работает каждый ген генома человека, т. е. за что отвечает и как связан с другими генами: Таким образом, как полагают специалисты, каждый человек будет иметь свой личный генетический паспорт, биологический документ, на основе которого по желанию личности будет проводиться выращивание соответствующих тканей и органов для биологического ремонта этой личности.

К середине XXI в., утверждают некоторые специалисты, будут созданы методы лечения большинства болезней, с которыми не справились наука и медицина прошлого века. К 2005 г. будет создана технология выращивания клапанов сердца из клеток пациента. В первых десятилетиях нового века будет создан универсальный состав крови для переливания крови пациентам, имеющим разные группы крови.

Прогнозы, которые делаются специалистами, часто приобретают искаженный вид в средствах информации. Например, сообщалось, что был открыт ген преступности. На самом деле шла речь о сравнительном генетическом анализе части геномов людей, совершивших преступление, и обычных законопослушных граждан: обнаружение различия в определенном гене не означает, что это

251 различие определяет на генетическом уровне, быть человеку преступником или нет. В феврале 2004 г. южно-корейские и американские исследователи сообщили

о клонировании эмбриона человека. Это означает, что клонирование человека будет развиваться в терапевтическом направлении (клонирование органов человека) и в репродукционном направлении (воспроизводство потомства отдельных семей).

#### 4.5.5. Долголетие

Человек не только биологическое, но и социальное, духовное существо, способное к осознанию своего положения в мире. Исследователей давно интересует проблема биологического долголетия, здоровья и возможного бессмертия человека в смысле более точного понимания причин его смерти.

Известный русский ученый И. Мечников был одним из первых среди исследователей проблемы долголетия и смерти человека.

Существует ряд концепций смерти: **генетическая**, утверждается генетическая запрограммированность гибель клеток организма; **мутационная**, считается, что накопление мутаций ведет к необратимому повреждению ДНК клеток с возрастом; **аутоиммунная** концепция, согласно которой с возрастом происходит нарушение механизма распознавания чужеродных веществ в организме и выработка иммунной системы антител, которые повреждают собственные клетки; **концепция накопления продуктов обмена веществ** в организме, которые повреждают клетки и затрудняют их нормальное функционирование. В настоящее время во многих научных медицинских центрах ведутся сложные работы по изучению механизма, который используют вирусы и болезнетворные бактерии на генетическом уровне, чтобы заставить работать клетки организма для своего размножения.

Само **понятие смерти** является с естественно-научной точки зрения сложным фактом. В самом общем случае под **смертью** организма понимают прекращение жизнедеятельности организма, его гибель или, если говорить более точно, утрату организмом существенных свойств живого и подчинение его останков действиям неживой природы, химическое разложение и т. п.

Сегодня различают **клиническую** и **биологическую смерть**. Первая предполагает возвращение к жизни на основе частичного или полного восстановления базовых функций живого: обмен ве-

ществ, деление клеток и т. п. Второе представляет необратимый процесс, перед которым современная наука бессильна сегодня, но возможно, как говорят некоторые специалисты, она сможет бороться более успешно с этим процессом в будущем. Сегодня считается, что смерть у человека наступает с прекращением деятельности нервных клеток, которые погибают приблизительно через 8 мин, некоторые другие органы человека могут быть пригодными для жизни даже несколько часов после официально зафиксированной смерти.

Специалисты по нанотехнологии утверждают, что ее развитие изменит современное представление о здоровье и смерти.

#### 4.5.6. Биоэтика

Отношение человека ко всему живому, включая самого себя, составляет основу биоэтики, исследующей нравственные аспекты отношения человека к живым существам, например к эмбрионам человека, лишенным жизни в результате абортов. Медицинская этика (долг и обязанности врача перед больными) является одним из разделов современной биоэтики. В прошлом веке широко обсуждались с этической и правовой точки зрения два направления выхода из ситуации неизлечимо больного человека: добровольная смерть и глубокое замораживание до лучших времен.

Доктор Дж. Кеворкян (США) — активный сторонник **эвтанази** (при буквальном переводе с греческого — хорошая смерть). Созданный им прибор называется «сострадаателем» (**мерситрон**): штатив с тремя капельницами с веществами, позволяющими в щадящем режиме пациенту добровольно уйти из

жизни, повернув кран на штативе собственной рукой или рукой врача, как доверенного лица. Этот подход в правовом и медицинском плане вызывает справедливые возражения, которые достаточно хорошо известны. Второе направление — **криомедицина** — основано на искусственном замораживании организма и его последующем размораживании для соответствующего лечения. Кстати сказать, в свое время были предложения именно заморозить тело Ленина, а не бальзамировать.

Среди множества проблем криомедицины особое место занимает проблема кристаллизации жидких образований в организме, поскольку живые организмы состоят в основном из воды. Некоторые исследователи, в том числе и российские, считают, что эта трудность будет преодолена в скором будущем за счет наноробо-

тов: последовательность атомов в микророботах будет соответствовать последовательности атомов в генетических структурах соответствующих клеток пациента, что позволит диагностировать и лечить его клетки с помощью дистанционного компьютерного управления. Наконец, еще одно направление — это вживание в организм человека электронно-технических устройств: электронный глаз и т. п.

### 4.5.7. Энергетика

Сторонники традиционной энергетики, основанной на нефти, газе и угле, связывают большие надежды с добычей этих ресурсов со дна Мирового океана. В настоящее время ведется добыча нефти с глубины более тысячи метров, переход же на добычу на более глубоких уровнях требует создания новой глубоководной техники. Надо отметить, что глубинный океан изучен достаточно слабо, особенно существование форм жизни на самых его предельных глубинах. Число людей, побывавших в космосе, неизмеримо больше, чем людей, побывавших на глубинах Мирового океана.

Наряду с идеей традиционной энергетики существуют направления, которые предполагают производство энергии с помощью термоядерных реакторов, квантовых генераторов и более совершенных современных энергетических ядерных установок, с использованием новых способов передачи энергии от производителя к потребителю. **Квантовые генераторы** — это новые технические системы, требующие для своего запуска небольшую энергию, для того чтобы увеличить ее в несколько раз. Что касается так называемой нетрадиционной энергетики (использование силы ветра, энергии Солнца, энергии разложения и синтеза биологических отходов), то высказывается точка зрения, утверждающая, что нетрадиционные источники производства энергии не смогут в ближайшем будущем обеспечить полностью увеличивающиеся потребности мирового сообщества в энергии.

Большие надежды связывают ученые с созданием термоядерных реакторов для решения энергетических проблем человечества в XXI в. В 1954 г. в Институте атомной энергии нашей страны была создана первая в мире установка по **управляемому термоядерному синтезу**, получившая название «**токамак**» (тороидальная камера с магнитной катушкой), в качестве прототипа будущих реакторов. В реакторах этого типа осуществляется реакция термоядерного синтеза легких химических элементов, ядер дейтерия

и трития. Тритий предварительно получают из реакции деления ядер лития-6. В реакторах данного типа воспроизводится реакция, происходящая на Солнце, только элементы этой реакции берутся на Земле: дейтерий содержится в воде, литий — в ряде рудных пород (разведанные запасы лития оцениваются в 10 млн т).

По мнению специалистов, для производства электроэнергии в 10 трлн кВт/ч, столько производится во всем мире за год, термоядерным реакторам понадобится всего лишь 1500 т дейтерия и 4500 т лития. Это означает, что такие реакторы



могут обеспечить энергией человечество на многие миллионы лет.

#### 4.5.8. Направления изучения происхождения жизни

В настоящее время исследователи проявляют большой интерес к двум объектам. К **Европе**, спутнику Юпитера, открыт в 1610 г. Г. Галилеем. Он находится на расстоянии 671 тыс. км. Его диаметр составляет 3100 км. Он покрыт ледяным многокилометровым покровом. Под его ледяным покровом находится океан, и в нем, возможно, сохранились простейшие формы древней жизни. Другой объект — это **Восточное озеро**, которое называют реликтовым водоемом. Находится оно в Антарктиде под четырехкилометровым слоем льда. Наши исследователи обнаружили его в результате глубокого бурения. Сегодня разрабатывается международная программа, ставящая своей целью проникнуть в воды этого озера, не нарушая его реликтовую чистоту. Возможно, что там существуют реликтовые организмы возрастом несколько сотен миллионов лет. Исследователи проявляют большой интерес к обнаруженной на территории Румынии пещере, не имевшей доступа света. Когда пробурили вход в эту пещеру, то обнаружили существование слепых живых организмов типа жучков, которые питаются микроорганизмами. Эти микроорганизмы используют для своего существования неорганические соединения сероводородного содержания, идущие изнутри дна этой пещеры. В эту пещеру не проникает свет, но есть вода.

#### 4.5.9. Правовые аспекты развития естествознания в XXI в.

Появившийся в начале настоящего века термин «**прозрачность человека**» выражает обеспокоенность общественности многих стран о возможности использования достижений естествознания в развитии разнообразных форм контроля за каждой личностью.

255

Например, уже сегодня заметны успехи сенситивной метрологии, изучающей центры удовольствий человека и способы на них воздействия в выбранном исследователем направлении: цвет, звуки, запахи и тому подобное могут вызывать определенные формы поведения. Таким образом, эти достижения могут использоваться для манипулирования сознанием людей, нарушая право личности на принятие самостоятельных решений. Эта проблема является актуальной для современного правоведения. Другой пример «прозрачности человека» в юридическом смысле. Сегодня ощутимы успехи развития системы биометрических параметров человека, позволяющей идентифицировать каждого гражданина с высокой точностью. С учетом того, что скоро появятся компьютеры, которые будут работать на основе более миллиона процессоров, каждый из которых будет совершать миллиарды операций в секунду, то эта система будет иметь данные практически о каждом человеке государства, содружеств государств и т. д. В настоящее время нет юридической ясности относительно необходимости такой системы.

В целом следует заметить, что по мере дальнейшего развития естествознания все больше будет методов, дающих углубленную информацию о человеке.

Различие в геноме людей не превышает 0,1%, но именно эта различающая часть генома людей находится под пристальным вниманием современных исследователей. Они стремятся узнать, какие последовательности нуклеотидов отвечают за способности людей, за здоровье и т. д. Разумеется, подобная информация, ее интерпретация и использование потребуют от юристов осмысления ее содержания с правовой точки зрения. В связи с этой проблемой возникает вопрос о так называемом биологическом завещании, который обсуждается в современной литературе. Речь идет о делегировании личностью права распоряжаться ею другим лицом в экстренных ситуациях: неизлечимая болезнь и другие.

### ВЫВОДЫ

1. Как бы ни были значительны достижения естествознания прошлого века, многие

из них будут глубоко переосмысливаться в новом веке. Об этом свидетельствует интерес ряда ученых к созданию синергетических моделей исследования природных процессов и явлений (происхождение Вселенной и др.).

256

2. Острота стоящих перед человечеством глобальных проблем сделает развитие естествознания в новом веке более проблемно-ориентированным на решение конкретных задач развития общества (экологические проблемы и т. д.).

3. В новом веке произойдет более тесное взаимодействие естественных, технических и гуманитарных наук в решении задач прогнозирования развития и управления обществом.

4. Развитие программы «Геном человека» позволит существенно расширить знание человека о своей биологической природе.

5. Дальнейшее повышение роли естествознания в развитии производительных сил современного общества будет сопровождаться развитием правоведения, повышением роли международного права.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И СЕМИНАРОВ

1. Нанотехнология.
2. «Прозрачность человека» в свете достижений современного естествознания.
3. Биоэтика.
4. Перспективы исследования человеческого мозга.
5. Генетика и медицина в XXI в.

## ЛИТЕРАТУРА

*Горелов А. А.* Концепции современного естествознания: курс лекций. М.: Центр, 1998.

*Дубнищева Т. Я.* Концепции современного естествознания: учеб. М.: ЮКЭЯ, 2000.

*Канке В. А.* Концепции современного естествознания: учеб. М: Логос, 2001.

*Карпенков С. Х.* Основные концепции современного естествознания: учеб. пособие. М: ЮНИТИ, 1997.

Концепции современного естествознания: учеб. / под ред. профессоров В. Н. Лавриненко, В. П. Ратникова. М, 2001.

Концепции современного естествознания: 100 экзаменационных ответов / под общей ред. С. И. Смагина. Ростов-на-Дону: МарТ, 2002.

*Найдыш В. Н.* Концепции современного естествознания: учеб. пособие. М.: Гардарики, 2003.

Всеобщая декларация «О геноме человека и правах человека». Юнеско, 1997.

*Исаев П. С.* Обыкновенные, странные, очарованные, прекрасные... М.: Энергоатомиздат, 1995.

*Капица С. П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г.* Синергетика и прогнозы будущего. 2-е изд. М.: Эдиториал УРСС, 2001.

*Короновский Н.* Наша планета Земля. М.: ВЕСЬ МИР, 2002.

*Тарантул В. З.* Геном человека: Энциклопедия, написанная четырьмя буквами. М.: Языки славянской литературы, 2003.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Раздел 1	
НАУКА КАК СФЕРА ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЕЕ ОСОБЕННОСТИ	
Глава 1.1. НАУКА И ЕЕ РОЛЬ В ОБЩЕСТВЕ	
1.1.1. Наука — это сфера человеческой деятельности, направленная на создание, производство объективных знаний о самом человеке и окружающем его мире (природа, Вселенная в целом) .....	5
1.1.2. Главные черты научных знаний.....	8
1.1.3. Роль науки в обществе.....	10
1.1.4. Дискуссия о роли науки в развитии культуры.....	11
<i>Выводы</i> .....	12
<i>Вопросы для самопроверки и семинаров</i> .....	12
Глава 1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ НАУК	
1.2.1. Критерии классификации наук.....	13
1.2.2. Классификация наук по предмету исследования ....	13
1.2.3. Теоретические и эмпирические науки.....	15
1.2.4. Фундаментальные и прикладные науки.....	16
<i>Выводы</i> .....	18
<i>Вопросы для самопроверки и семинаров</i> .....	18
Глава 1.3. ОСНОВНЫЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ	
1.3.1. Классическая, неклассическая и постнеклассическая наука.....	19
1.3.2. Понятие естественно-научной картины мира.....	20
1.3.3. Античная наука.....	20
1.3.4. Развитие науки в период Средневековья (V—XIV вв. н. э.)	26
1.3.5. Возрождение .....	29
1.3.6. Новое время — эпоха создания естествознания (XVII - XVIII вв. н. э.).....	30
1.3.7. Развитие естествознания и науки в России.....	33
<i>Выводы</i> .....	37
<i>Вопросы для самопроверки и семинаров</i> .....	38
259	
Раздел 2 КОНЦЕПЦИИ КЛАССИЧЕСКОЙ НАУКИ	
Глава 2.1. МЕХАНИЧЕСКАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА	
2.1.1. Понятие детерминизма .....	39
2.1.2. Физика и классическая механика.....	40
2.1.3. Механика Галилея .....	42
2.1.4. Физическая теория И. Ньютона.....	45
2.1.5. Содержательные допущения и следствия механики Галилея — Ньютона.....	47
2.1.6. Механическая картина мира.....	50
<i>Выводы</i> .....	51
<i>Вопросы для самопроверки и семинаров</i> .....	52
Глава 2.2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ КАРТИНА МИРА	
2.2.1. Классическая электродинамика.....	53
2.2.2. Кратко об истории изучения магнетизма.....	53
2.2.3. Исследование электрической силы.....	57
2.2.4. Понятие физического поля.....	59
2.2.5. Теория электромагнитных сил Д. Максвелла .....	60
2.2.6. Электромагнитная картина мира.....	61
<i>Выводы</i> .....	63
<i>Вопросы для самопроверки и семинаров</i> .....	64
Глава 2.3. КЛАССИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ ЭНЕРГИИ И ВРЕМЕНИ	
2.3.1. Классическая термодинамика.....	65
2.3.2. Энергия .....	66
2.3.3. Законы классической термодинамики .....	70
2.3.4. Энтропия.....	72
2.3.5. Основные следствия термодинамики XIX в.....	74
2.3.6. «Тепловая смерть» Вселенной .....	75
Лихин А. Ф. Концепции современного естествознания : учеб. — ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. - 264 с.	

**Выводы..... 77****Вопросы для самопроверки и семинаров..... 77**

## Раздел 3 КОНЦЕПЦИИ НЕКЛАССИЧЕСКОЙ НАУКИ

## Глава 3.1. ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

## 3.1.1. Альберт Эйнштейн..... 78

## 3.1.2. Опыт Морли — Майкельсона..... 79

## 3.1.3. Преобразования Лоренца..... 80

## 3.1.4. Специальная теория относительности (СТО)..... 83

260

## 3.1.5. Релятивистская механика..... 84

## 3.1.6. Математическая теория пространства..... 85

## 3.1.7. Геометрия Б. Римана..... 90

## 3.1.8. ОТО основывается на двух принципах или постулатах . 92

## 3.1.9. Следствия ОТО..... 94

**Выводы..... 95****Вопросы для самопроверки и семинаров..... 96**

## Глава 3.2. СОВРЕМЕННОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ О ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАЛЬНОСТИ И СИЛАХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПРИРОДЕ

## 3.2.1. Сегодня известно пять сил физического взаимодействия 97

## 3.2.2. Гипотеза М. Планка .....104

## 3.2.3. Квантовая механика.....108

## 3.2.4. Современная квантовая теория .....111

## 3.2.5. Открытие протона и нейтрона привело к созданию протонно-нейтронной модели атома.....114

## 3.2.6. Что объяснила протонно-нейтронная модель атома ..117

## 3.2.7. Модели объяснения сил физического взаимодействия

## в атоме.....119

**Выводы.....127****Вопросы для самопроверки и семинаров.....127**

## Глава 3.3. СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ

## 3.3.1. Модели и концепции происхождения Вселенной .... 128

## 3.3.2. Нерелятивистские модели эволюции Вселенной классической науки.....130

## 3.3.3. Релятивистские модели Вселенной.....137

## 3.3.4. Модель «Самосогласованной космологии» постнеклассической науки.....147

**Выводы .....149****Вопросы для самопроверки и семинаров.....150**

## Раздел 4 ПРОБЛЕМЫ И КОНЦЕПЦИИ ПОСТНЕКЛАССИЧЕСКОЙ НАУКИ

## Глава 4.1. СОВРЕМЕННАЯ АСТРОНОМИЯ ОБ ОБЪЕКТАХ ВСЕЛЕННОЙ

## 4.1.1. Галактика Млечный Путь.....153

## 4.1.2. Звезды .....157

261

## 4.1.3. Солнечная система.....163

**Выводы.....172****Вопросы для самопроверки и семинаров.....173**

## Глава 4.2. БИОСФЕРА, КЛИМАТ И СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

## 4.2.1. Планета Земля — третья планета Солнечной системы . 174

## 4.2.2. Концепции и теории происхождения и эволюции Земли 181

## 4.2.3. Теория литосферных плит..... 185

## 4.2.4. Гипотезы образования Земли..... 187

## 4.2.5. Концепция происхождения Луны..... 188

## 4.2.6. Климат Земли..... 189

**Выводы..... 191****Вопросы для самопроверки и семинаров..... 191**

## Глава 4.3. ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

## 4.3.1. Наукой о живых системах является биология.....192

4.3.2. Уровни организационной сложности живых систем . .	193
4.3.3. Единство химического состава всего живого.....	194
4.3.4. Единство органического строения.....	196
4.3.5. Клеточное строение.....	204
4.3.6. Существенные свойства деления клеток организмов . .	207
4.3.7. Генетика и геном человека .....	210
4.3.8. Клонирование.....	216
4.3.9. Определение жизни .....	220
<i>Выводы</i> .....	221
<i>Вопросы для самопроверки и семинаров</i> .....	221
Глава 4.4. ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЖИЗНИ И ЧЕЛОВЕКА	
4.4.1. Концепции происхождения жизни .....	222
4.4.2. Концепции биологической эволюции .....	232
4.4.3. Антропогенез.....	237
<i>Выводы</i> .....	243
<i>Вопросы для самопроверки и семинаров</i> .....	243
Глава 4.5. ЧЕЛОВЕК, ЕГО БУДУЩЕЕ В СВЕТЕ ДОСТИЖЕНИЙ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ	
4.5.1. О прогнозах развития естествознания.....	244
4.5.2. Нанотехнология.....	246
4.5.3. Исследование человеческого мозга.....	247
262	
4.5.4. Генетика.....	249
4.5.5. Долголетие.....	251
4.5.6. Биоэтика.....	252
4.5.7. Энергетика.....	253
4.5.8. Направления изучения происхождения жизни .....	254
4.5.9. Правовые аспекты развития естествознания в XXI в. . .	254
<i>Выводы</i> .....	255
<i>Вопросы для самопроверки и семинаров</i> .....	256
<i>Литература</i> .....	257

---

Сканирование и форматирование: [Янко Слава](#) (Библиотека [Fort/Da](#)) || [slavaaa@yandex.ru](mailto:slavaaa@yandex.ru) || [yanko\\_slava@yahoo.com](mailto:yanko_slava@yahoo.com) || <http://yanko.lib.ru> || Исq# 75088656 || Библиотека: <http://yanko.lib.ru/gum.html> || Номера страниц - внизу  
update 16.11.06

---