

**Г.В. Ерофеева**

**Современная картина мира – от истоков до наших  
дней  
учебное пособие**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	2
Структура курса .....	3
<b>Глава 1. История развития естествознания</b> .....	<b>4</b>
1.1. История развития естествознания .....	5
1.2. Развитие естествознания в трудах ученых Востока .....	9
1.3. Естествознание в Европе .....	12
1.4. Естествознание в России .....	17
1.5. Естествознание в XIX – XX веках .....	19
1.6. Развитие теории света и современных разделов естество- знания .....	25
1.7. Принципы квантовой механики .....	27
1.8. Открытия в биологии .....	30
<b>Глава 2. Общие вопросы естествознания</b> .....	<b>33</b>
2.1. Свойства материи и виды законов .....	33
2.2. Научный метод. Свойства пространства – времени .....	35
2.3. Вселенная. Происхождение и развитие .....	47
<b>Глава 3. Открытые системы. Синергетика как новое научное направление</b> .....	<b>61</b>
3.1. Элементы нелинейной неравновесной термодинамики .....	61
3.2. Второе начало термодинамики. Статистический вероят- ностный смысл II начала и энтропии .....	64
3.3. Понятие о синергетике .....	66
3.4. Трансформация идей и понятий в другие науки .....	71
3.5. Гипотезы возникновения жизни .....	75
3.6. Силы и взаимодействия в природе .....	98
3.7. Иерархическая структура Мира .....	105
<b>Глава 4. Особенности биологической формы организации материи</b> .....	<b>109</b>
4.1. Живые организмы как кибернетические системы. Фер- ментные механизмы управления .....	109
4.2. Эколого-энергетические закономерности биосистем .....	111
4.3. Обратные связи в живых организмах .....	113
4.4. Проблемы цивилизации .....	114
4.5. Анализ различий живой и неживой природы .....	115
4.6. Мозг человека .....	117
4.7. Проблемы и достижения в естествознании .....	120
Словарь терминов .....	136
Тезаурус .....	140
Список литературы .....	157

## ПРЕДИСЛОВИЕ

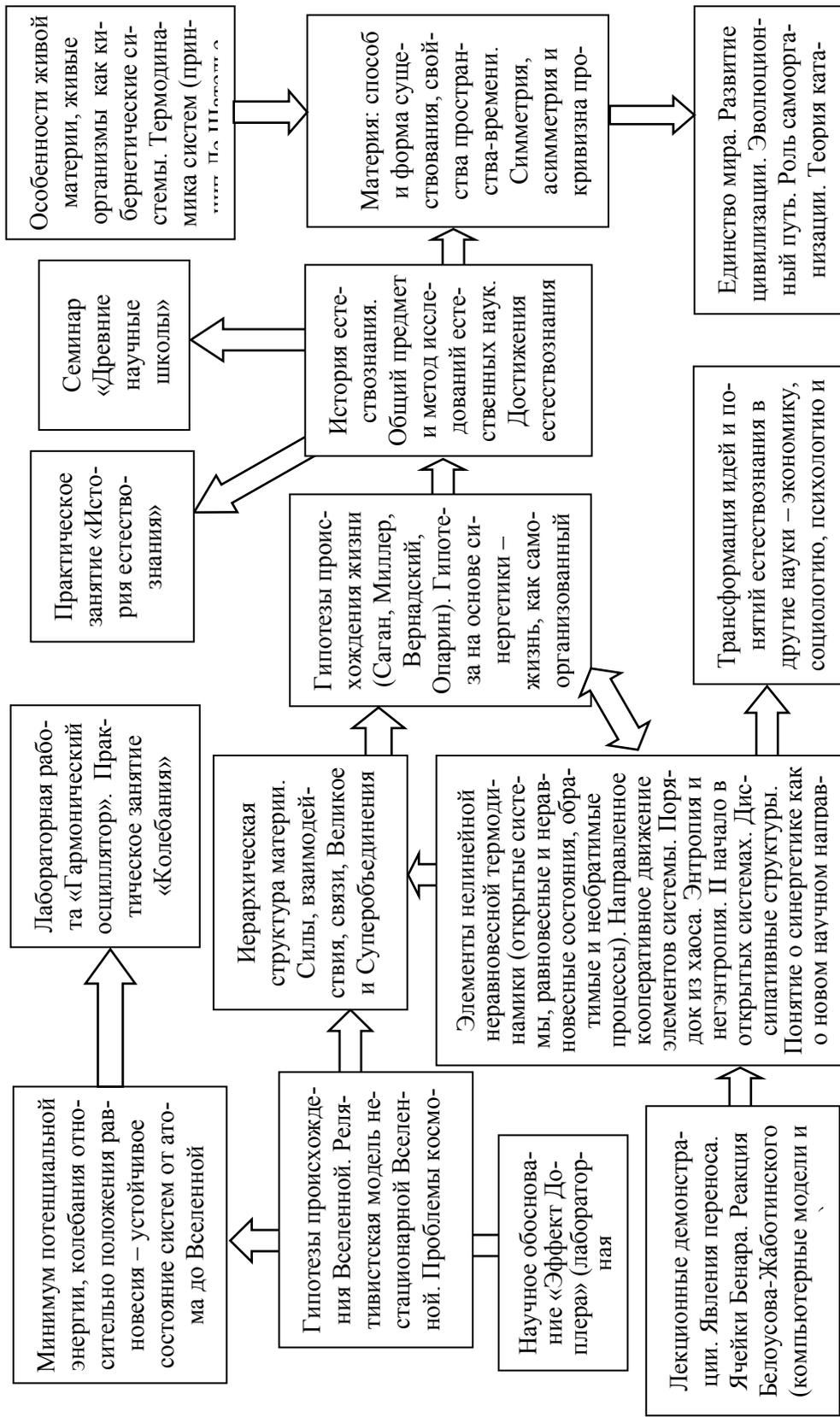
Учебное пособие написано в соответствии с «Концепцией современного естествознания» государственных образовательных стандартов по направлениям и специальностям: гуманитарные и социальные науки, экономика и управление (Приложение 1).

Древняя наука, внутри которой очень долгое время развивались науки, относящиеся к естественным (физика, химия, биология), называлась натурфилософией. В 1687 году И. Ньютон опубликовал труд, в котором были заложены основы классической физики, под названием «Математические начала натуральной философии». Если судить по названию, И. Ньютон еще не выделял физику из натурфилософии. Дальнейшая дифференциация этих наук была исторически оправдана, доказательство этому – бурное развитие физики, химии, биологии в XVIII, XIX и особенно XX веках. В результате этой дифференциации траектории исследований в этих науках разошлись; изучая отдельно физику, химию и биологию, рассматривают законы, действующие в физических, химических и биологических системах. Цель настоящего курса, учебного пособия – в сравнительном анализе и изучении этих систем, их общих закономерностей и отличий.

Идеи естествознания, например идеи синергетики, внедрились в другие науки – экономику, геологию, социологию и др. Самоорганизованные структуры, рассматриваемые в синергетике, возникают в физических, химических и биологических системах. К ним относятся ферромагнитные переходы, сверхпроводимость, в жидкостях – это вихри Тейлора, ячейки Бенара; когерентное излучение лазеров, переход плазмы в упорядоченное состояние и миграция от одной неустойчивости к другой. В физике твердого тела известны осцилляторы Ганна, туннельный ток в полупроводниках и т.д. В химии широко известны концентрационные колебания в реакции Белоусова–Жаботинского.

Животный мир дает множество примеров высокоупорядоченных и великолепно функционирующих структур. Синергетические процессы позволяют биологическим системам «трансформировать» энергию, предварительно преобразованную на молекулярном уровне. Синергетические процессы проявляются в мышечном сокращении, приводящем к всевозможным движениям, электрическим колебаниям в коре головного мозга и т.д. В социальных, культурных или научных системах также возникают (в абстрактном плане) структуры: идеи, понятия, парадигмы. Таким образом, во всех случаях процессы самоорганизации приводят к возникновению качественно новых структур.

## СТРУКТУРА КУРСА «Современная картина мира – от истоков до наших дней»



## Глава 1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Прогресс без устали крутя колес сцепленье,  
то движет что-нибудь, то давит под себя.

Виктор Гюро

Естествознание – опытная наука о природе.

Классическими естественнонаучными дисциплинами являются физика, химия, биология.

Перечислим то, что не относится к естественнонаучным знаниям. Астрология, психокинез, колдовство, загробная жизнь, сверхъестественные явления, черная магия, телепатия, летающие тарелки, машина времени, магические пирамиды либо требуют введения сил и взаимодействий, с которыми никогда не сталкивались физики, либо нарушают основные законы физики. Список может быть продолжен. В этом нам активно помогают средства массовой информации.

Вспомогательная дисциплина – математика – инструментарий; биокибернетика (наука о системах управления живыми организмами).

Смежные дисциплины – физическая химия; химическая физика; биофизика; биохимия.

Общим предметом исследования естественных наук является материя и законы ее движения (развитие).

Материя имеет **форму и способ существования**. Способ существования материи – *движение* (развитие); формой существования материи является *пространство-время* (единая философская категория).

### Цели и задачи курса

Процесс дифференциации естественных наук по мере развития научной мысли привел к выделению научных направлений, развивающих отдельные вопросы химии, физики, биологии и смежные области исследований (биофизика, биохимия, биокибернетика). Такое дробление научных знаний по мере движения в глубины мироздания было оправдано, однако при этом происходит потеря целостности восприятия Мира. Поэтому появилась тенденция к разработке обобщающих курсов (новая натурфилософия), курсов естествознания, базирующихся на общих, «вечных» вопросах естествознания: материя, движение, равновесие, пространство-время, колебания, циклы и т.д.

Целью настоящего курса является создание научного представления об окружающем Мире на основе изучения общих вопросов и идей естественных наук.

Задача данного курса состоит в изучении общих закономерностей естественнонаучных дисциплин, в их сравнении и анализе, а так же в изучении возникновения и развития научных представлений о закономерностях, действующих в Мире; изучении особенностей биологического уровня организации материи, достижений и проблем естествознания и цивилизации в целом.

### **1.1. История развития естествознания**

Кто из нас не застывал в безмолвном восторге, глядя на осеннее ночное небо или рассматривая цветок, изящный и прелестный как произведение искусства, не задавал себе вопроса, как возник этот мир, что способствовало такому бесконечному его разнообразию, многообразию? Что его ждет в будущем? Ответить на эти и другие вопросы человечество пытается уже много веков, причем начало развития цивилизации постоянно отодвигается в глубь веков.

В 1896 году (год основания Томского политехнического университета) в Томске (за главным корпусом ТГУ) нашли древние останки человека (возраст порядка 100 тыс. лет).

Что люди знали и умели порядка 6 тыс. лет до н.э.? Использовали самородное золото в Египте и самородную медь в Азии.

5 тыс. лет до н.э. выплавляли медь в Китае и Индии, на Кипре выплавка меди осуществлялась 3 тыс. лет до н.э. Негры в Африке добывали железо за 2 тыс. лет до н.э. В Европе железо начали использовать за 1 тыс. лет до н.э.

4 тыс. лет назад существовал календарь и назывался Юлианский, который просуществовал до 1582 года (был заменен на Григорианский).

Считается, что цивилизация приблизительно на одинаковом уровне развивалась в трех местах:

- в акватории Средиземного моря;
- Индии;
- Китае.

Каждая цивилизация шла своим путем.

Все науки развивались внутри одной общей науки – натуральной философии. Это название просуществовало до конца XVII в.

В 1687 году Ньютон опубликовал труд «Математические начала натуральной философии», следовательно он еще не выделял физику из натуральной философии.

Жителям Двуречья были уже известны квадратные уравнения и их решения.

Вавилонская геометрия содержит формулы для вычисления простых углов, объемов простейших фигур.

Из древних механизмов жители Двуречья владели воротом и рычагом. А также было известно золотое правило механики: отношение перемещений двух концов простой машины, к которой приложены силы, всегда обратно отношению сил, приложенным к этим концам. Или: «То, что мы выигрываем в силе, мы проигрываем в пути». Это правило выполняется точно при равномерном (без трения) движении.

В Древней Греции существовало несколько философских школ, влияние которых прослеживается не только в Греции, но и в Европе.

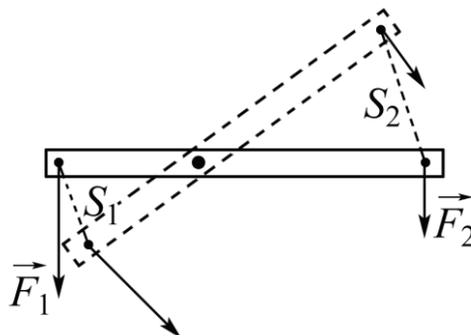
Основателем философских школ в Греции был Фалес Милетский (625–547 гг. до н.э.). Он ввел понятие первоэлемента (из чего все произошло). Он считал первоэлементом воду, а также он установил равенство углов в равнобедренном треугольнике, продолжительность года – 365 дней, ввел понятие диаметра круга.

В качестве первоэлемента ионийцы (греки, заселившие побережье Ионийского моря) ввели понятие первоэлемента.

Приблизительно в VI в. до н.э. появились элементы диалектики – науки о развитии. Основные идеи диалектики были известны задолго до ее основания как науки. Обобщил сведения о диалектике Гераклит Эфесский в своем труде «О природе». В качестве первоэлемента Эфесский считал огонь.

«Все течет – все меняется», «Ничто не вечно под луной» – эти высказывания Гераклита дошли до наших дней (Г. Эфесский, 530–470 гг. до н.э.).

Ученик Милетского – Пифагор – считал, что в основе всего лежат числа, что Вселенная – это гармония чисел. То, что Пифагор был во многом прав, стало известно только после открытия закона Менделеева, из которого следует, что свойства элементов, из которых состоит вещество Вселенной, зависят от числа частиц в атоме элемента и основных положений квантовой механики.



Золотое правило механики

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_2}{S_1}$$



Пифагор

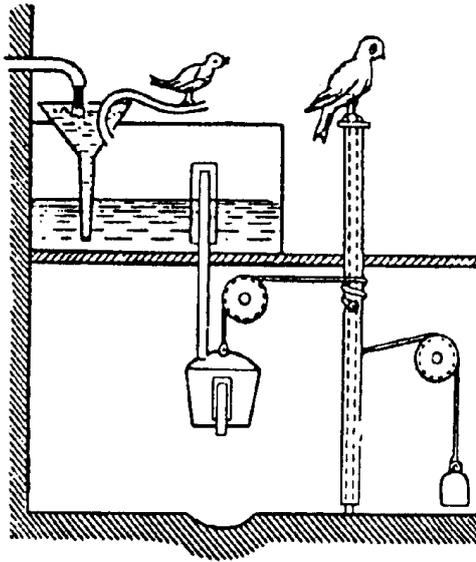


Рис. 1. Поющая птичка

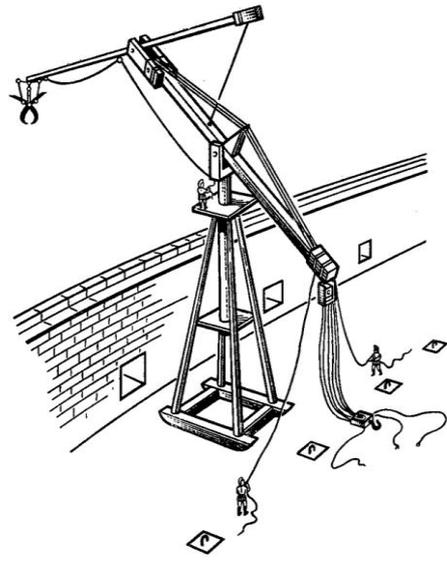


Рис. 2. Машина, захватывающая и опрокидывающая корабли

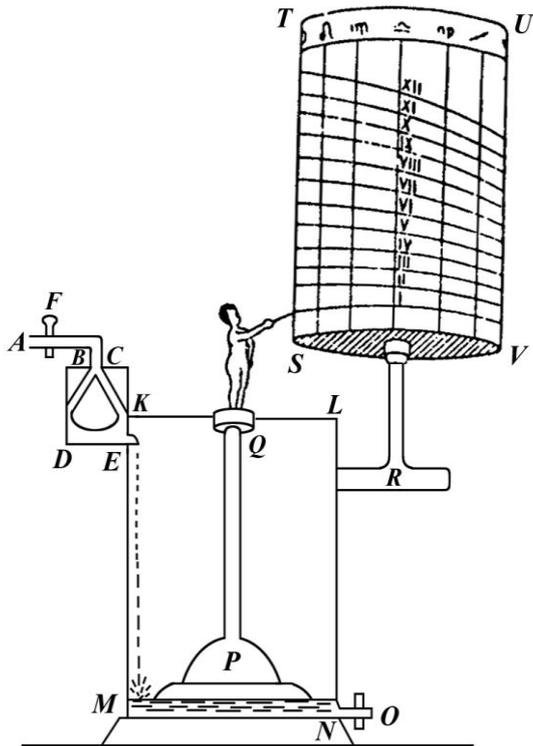


Рис. 4. Водяные часы (Архимед)

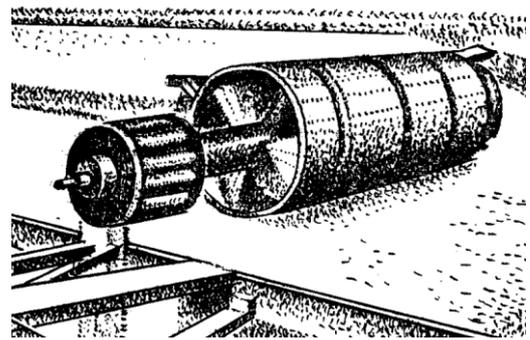


Рис. 3. «архимедов червяк»

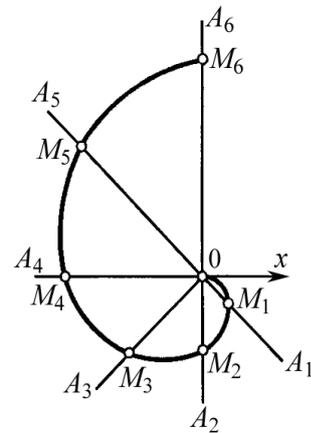


Рис. 5. Спираль Архимеда

**Школа Пифагора** находилась на юге Италии в г. Кротоне, в ней воспитывались «Мудрецы». В этой школе Пифагор разговаривал с учениками, находясь при этом за занавеской в течение 3 лет. Ученикам не разрешалось разговаривать друг с другом.

Руководители философских школ не только обобщали и сообщали ученикам все известные им знания. Они пытались (например Пифагор, а затем Платон) создать наиболее хорошо организованные государства (по их представлениям). Это было возможно, т.к. в этих школах обучались тираны (правители государства).

Школа Пифагора оказала огромное влияние на последующие поколения, в частности, на школу Сократа (470–379 гг. до н.э.) и школу Платона (427–348 гг. до н.э.).

Сократ говорил, что самое большое зло – невежество; самое большое добро – истина (знания). Он также высказывал идеи диалектики.

Платон – ученик Сократа и Пифагора, учитель Аристотеля (учитель А. Македонского).



Демокрит

**Школа атомистов.** Атомисты впервые высказали идею об атомарном строении вещества.

Атомисты (Демокрит; Эпикур – философ; Левкипп и Лукреций – поэты) ввели понятие атома – неделимой мельчайшей частицы вещества.

Демокрит написал труд «Мирострой». В этом труде Демокрит близко подошел к современным представлениям о строении вещества и происхождении жизни на Земле. В труде «Мирострой» он написал, что Мир состоит из частиц материи (атомов) и пустоты, а человек – дитя случая, зародившееся «в воде и иле».

Вопреки представлениям об Эпикуре и эпикурейцах, как о философах, жизнь которых направлена на получение удовольствия, Эпикур призывал к гармоничному подходу к жизни и не стремиться к удовольствию как к самоцели. Эпикур говорил: "Всегда имей в своей библиотеке новую книгу, в погребе – полную бутылку вина, в саду – свежий цветок".

**Школа Аристотеля** (384–322 гг. до н.э.). Аристотель обобщил все предыдущие знания. Был во многом не согласен со своим учителем Платоном.

Учение Аристотеля во многом неверно.

В дальнейшем оно было подхвачено христи-



Аристотель

анской церковью, стало догмой, т.е. застывшим, неразвивающимся учением.

Аристотель ввел понятия силы и скорости; все действия он делил на естественные и насильственные. В этом было много противоречий.

Аристотель представлял, что у каждого предмета есть свое место, – легкие стремятся вверх, тяжелые вниз.



Архимед

Другой древнегреческий ученый Архимед (287–212 гг. до н.э) внес большой вклад в развитие механики (рис. 2, 3), статики, гидростатики (рис. 1, 4); усовершенствовал ворот; вычислил число  $\pi = 3,14$ ; подсчитал площадь круга; построил спираль (рис. 3) (предполагается, что цивилизация развивается по этой спирали); решил задачу (по предположениям) движения тела, брошенного под углом к горизонту. На его счету более

40 изобретений.

Большой вклад в математику внес Евклид: в своем труде «Начала» он обобщил все сведения в математике, которые были ему известны. Он работал и в оптике, где открыл законы отражения света.



Евклид

## 1.2. Развитие естествознания в трудах ученых Востока

После образования государства Халифат стали развиваться в трудах ученых Востока математика, механика, астрономия.

Ученый Бируни – математик, физик, историк и географ – занимался измерением удельного веса вещества ( $\gamma = P/V$ , где  $\gamma$  – удельный вес;  $P$  – вес;  $V$  – объем тела). Сравните:  $\rho = m/V$ , где  $\rho$  – плотность;  $m$  – масса;  $V$  – объем тела. Бируни изобрел весы (рис. 6). Омар Хайям (1048–1131 гг. «Травинки, те, что у ручья, не мни, из уст красавиц выросли они. Ступай тихонько, их касайся нежно, тюльпаноликим ведь они с родни») – поэт, философ, физик и астроном и Аль Хазини (рис. 7) продолжили исследования Бируни.



Бируни

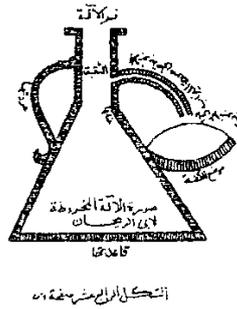


Рис. 6. Конический прибор Бируни

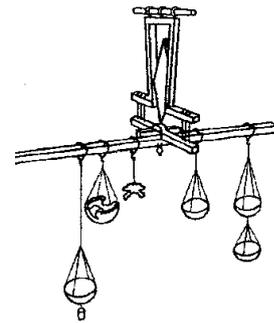


Рис. 7. «Весы мудрости»  
Аль Хазини

В Индии Брахмагупт ввел понятие отрицательных чисел и уже пользовался ими.

На рубеже I тысячелетия индийские ученые использовали дифференциальное и интегральное исчисления (в современной физике, в разделе «Механика», эти исчисления используются с первых занятий, например:

$$v_x = \frac{dx}{dt}; \quad x = \int v_x dt).$$

В III в. в Китае уже использовали компас.

Еще в таких религиозных верованиях, как буддизм, конфуцианство, инь-ян (инь – женское начало – земля; ян – мужское начало – небо) и дао, были высказаны первые представления о законе диалектики «Единство и борьба противоположностей»: все в мире имеет свою противоположность, эти противоположности находятся в диалектическом единстве и постоянной борьбе.

Учение Конфуция сводилось к безграничному повиновению детей родителям, жен мужьям и поданных правительству и соблюдению умеренности, или середины, во всех чувствах человека.



Конфуций

На этом учении о середине основывается и весь строй семейной и политической жизни Китая. Будучи сторонником демократических начал и неограниченной власти государя, Конфуций тем не менее не ограничивал последнюю своим учением о середине; по его мнению, «противиться государю можно только при чрезмерных требованиях; довольствуясь малым легко и повиноваться». Умеренность рекомендуется и правителям.

Несмотря на трудности, связанные с тем, что начала учения Конфуция слишком высоки, чисты и недоступны для большинства, его учение получило необыкновенный рост и укоренилось навсегда в народном сознании. Это связано с тем, что учение вполне отвечало народному духу и воззрения Конфуция вполне согласовывались с воззрениями населения Китая. Конфуций воплотил в себе полнейшее отражение китайского народного характера.

Улугбек Мухаммед Тарагай (1394–1449) – узбекский астроном и математик, внук Тимура (Тамерлана).



Улугбек Мухаммед  
Тарагай

Одна из крупнейших обсерваторий средних веков построена Улугбеком вблизи Самарканда около 1430 года. Ее остатки, открытые В.М. Вяткиным в 1908 году, были окончательно раскопаны В.А. Шишкиным в 1948 году. Обнаружены руины нижней части стены круглого здания диаметром около 46 м, которое вмещало грандиозный мраморный секстант (возможно квадрант) с радиусом 40,2 м, установленный в плоскости меридиана. Сохранилась лишь нижняя часть дуги инструмента длиной в  $32^\circ$ , разделённая на градусы. Инструмент установлен в вырубленной в скале траншее шириной около 2 м и глубиной 11 м. Часть его возвышалась над поверхностью земли.

Он состоял из двух параллельных каменных дуг, облицованных мраморными плитами соответствующей кривизны. Употреблялся для определения астрономических постоянных и координат Солнца, Луны и планет в моменты прохождения их через меридиан. Звёзды наблюдались инструментами (не сохранились) меньших размеров. Важнейший труд, выполненный в обсерватории, – так называемые «Новые астрономические таблицы» («Зиджи джедиди Гурагони») – содержит изложение теоретических основ астрономии, каталог положений 1018 звезд (издан в Оксфорде в 1665 г.), определенных впервые после Гиппарха, и с точностью, остававшейся непревзойденной до наблюдений Тихо Браге. Каталог звезд, планетные таблицы, а также определение наклона эклиптики к экватору, годичной прогрессии и продолжительности тропического года имели большое значение для развития астрономии. Обсерватория Улугбека была разрушена вскоре после его смерти в 1449 г.

### 1.3. Естествознание в Европе

В конце XI в. стали развиваться европейские научные школы.

Первый университет появился на севере Италии в городе Болонья (он существует до сих пор).

В 1999 г. в Болонском университете прошла конференция министров образования стран Европы, где выработали общую стратегию образования в странах Европы и была принята Болонская декларация.

В 2004 году состоялась очередная конференция в Берлине, на которой Россия приняла Болонскую декларацию (всего в организации 43 страны).

В XI – XIII вв. появились университеты во Франции и Англии.

Парижский университет – Сорбонна. Сорбонна – сначала богословская школа и приют для бедных студентов, впоследствии название богословского факультета парижского университета, основана в 1253 году Робером Сорбоном, духовником французского короля Людовика Святого. Вначале школа была рассчитана на 16 человек, по 4 от каждой из наций, имевших более всего представителей среди парижских учащихся (французы, немцы, англичане, итальянцы), но уже очень скоро появилась возможность определить комплект из 36 человек. Не прошло и 50 лет, как репутация Сорбонны затмила многие старые богословские факультеты Европы. Курс обучения был десятилетний, и на последнем экзамене студент подвергался от 6 часов утра до 6 часов вечера нападению 12 диспутантов, которые сменялись каждые полчаса, он же был лишен отдыха и не имел права за все 12 часов экзамена ни пить, ни есть. Выдержавший испытание становился доктором Сорбонны и увенчивался особой черной шапочкой.

В 1792 г. на этой базе образован теологический факультет Парижского университета (теология – наука о религии). Первый ректор этого университета – Буридан.

В XIII в. в Англии появились Оксфордский, Кэмбриджский университеты (ректор в 2002 г. – Колин Лукас).

В средневековых университетах существовало 4 факультета (3 старших и 1 младший): богословский, юридический, медицинский и факультет искусств.



Клавдий  
Птоломей



Н. Коперник



Дж. Бруно



Г. Галилей

Обучение в средневековых университетах было пронизано схоластикой, отвергавшей опыт как источник познания и признававшей только визуальные наблюдения, основанные на ощущениях. Основу схоластики составляли учения Клавдия Птолемея, Аристотеля и Платона. Роджер Бекон – провозвестник опытного естествознания (1250–1324) – в эпоху жестокого средневековья, засилья схоластики, отвергавшей опыт как источник познания, провел в тюрьме 20 лет. По мнению Бекона, наука должна строиться на строгих аргументах и точных опытах, доказывающих теоретические заключения.

Схоластику критиковал родоначальник английского материализма, философ и политический деятель Френсис Бэкон (1561–1626 гг.). Френсис Бэкон был представителем Нового времени, вступил на путь опыта и обратил внимание на исключительную значимость наблюдений для обнаружения истины. Путем, ведущим к знаниям, полагал Бэкон, является наблюдение, анализ, сравнение и эксперимент. Бэкон заложил основу новой науки – экспериментального естествознания.

Индекс (т.е. перечень) запрещенных книг вышел в 1599 г. Основой для запрещения было несоответствие сочинений еретиков и вольнодумцев с представлениями схоластов. Упразднен индекс в 1966 г. Он просуществовал 400 лет.

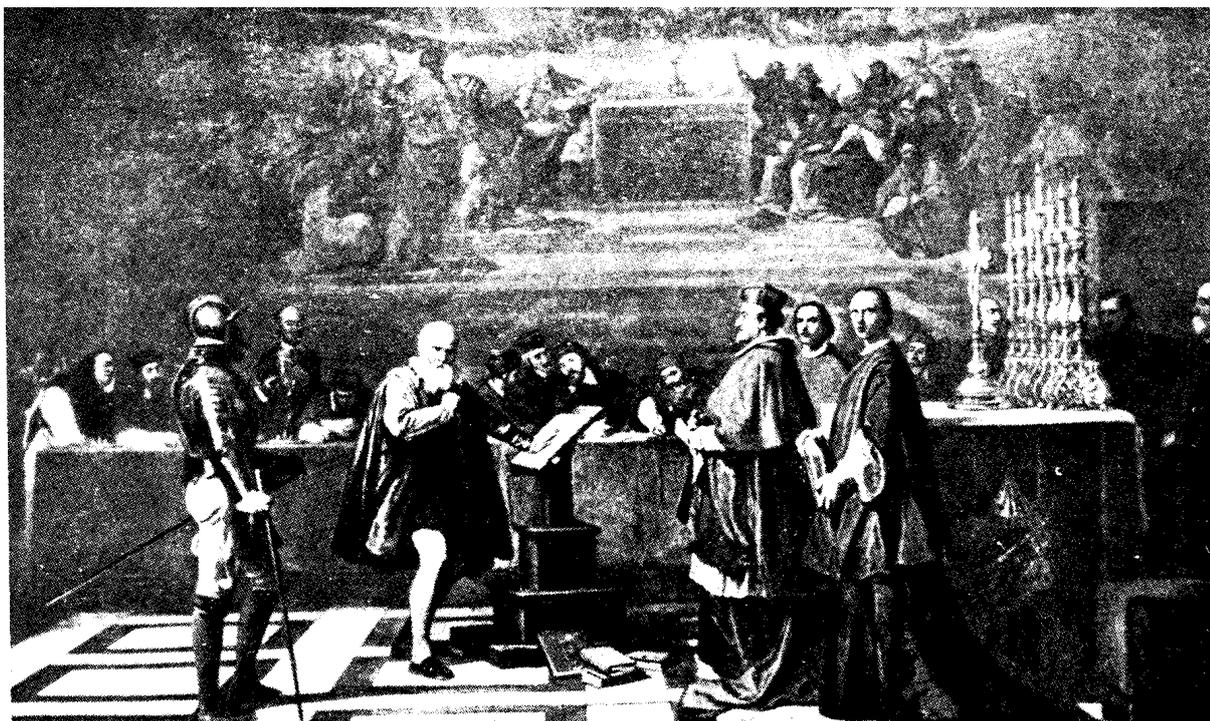
**Система мира К. Птолемея.** К. Птоломей представлял картину мироздания так: в центре – неподвижная Земля; вокруг нее движутся 7 планет и Солнце. Все планеты созданы для того, чтобы обслуживать Землю.

Революция в естествознании началась с учения Н. Коперника (1473–1543 гг.), который заменил геоцентрическую систему Птолемея (ее критиковал еще Бируни) на гелиоцентрическую, в которой центром является Солнце.

Коперник наблюдал за звездами в подзорную трубу. Труды Коперника получили поддержку в деятельности Дж. Бруно и Г. Галилея. Дж. Бруно был сожжен на костре инквизиции в 1600 г. на «Площади цветов» в Риме за свои убеждения.

Галилей занимался развитием учения Коперника. Галилей является основателем классической механики (наряду с И. Ньютоном).

Галилей не избежал суда инквизиции. Будучи стариком, он отрекается от своего учения на суде, но до конца своих дней продолжает заниматься этим делом.



Суд над Галилеем (картина итальянского художника Флери)

Классическая механика изучает движение объектов макромира со скоростями, далекими от скорости света в вакууме.

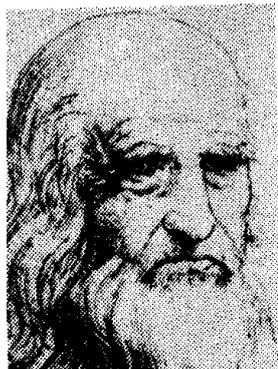
В классической механике рассматривается *принцип дальнего действия*: взаимодействие тел распространяется через пустое пространство мгновенно. Кроме того, рассматривается *принцип преобразования движений* (или принцип относительности, или принцип инвариантности): законы физики имеют одинаковую форму во всех инерциальных системах отсчета.

Весь мир делится на три вида объектов:

Классическая механика		Квантовая механика (квант – порция энергии)
Мегамир	Макромир	Микромир

Вселенная, галактики, (скопление $10^9 - 10^{12}$ звезд)	звезды, планеты и т.д., пылинка	элементарные частицы (неделимые), молекулы, атомы
---	---------------------------------------	---

Это деление условно, т.к. макро- и мегамиры состоят из атомов и молекул.



Леонардо да Винчи



Мона Лиза

Большой вклад в развитие естествознания и культуры внес Леонардо да Винчи (1452–1519) – физик, конструктор, архитектор, мыслитель, художник.

Он сконструировал подводную лодку, парашют, летательный аппарат (рис. 8, 9). Леонардо да Винчи известен как хороший изобретатель фортификационных сооружений (оборонительных сооружений).

Существует гипотеза: на знаменитой картине Леонардо «Мона Лиза» художник нарисовал свое лицо (французские ученые доказали это с помощью компьютерной графики).

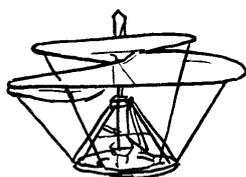


Рис. 8

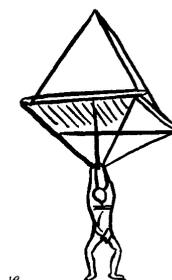


Рис. 9

Проекты геликоптера и парашюта Леонардо да Винчи  
(копии его личных рисунков)

Как свидетельствуют его современники, Леонардо да Винчи хотел открыть математические соотношения красоты, использовал в своих произведениях золотое сечение (другие названия: божественная пропорция, золотая середина, золотой прямоугольник).

## МЕХАНИСТИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

Формируется на основе:

- механики Леонардо да Винчи (1452 – 1519),
- гелиоцентрической системы Н. Коперника (1473 – 1543),
- экспериментального естествознания Г. Галилея (1564 – 1642),
- законов небесной механики И. Кеплера (1571 – 1630),

### Характерные особенности

В рамках механической картины мира сложилась дискретная (корпускулярная) модель реальности:

- материя – вещественная субстанция, состоящая из атомов или корпускул;
- атомы абсолютно прочны, неделимы, непроницаемы, характерны

Концепция абсолютного пространства и времени:

- пространство трехмерно, постоянно и не зависит от материи;
- время не зависит ни от пространства, ни от материи;
- пространство и время никак не связаны с движением тел, они имеют абсолютный характер

Все механические процессы подчиняются принципу детерминизма. Случайность исключается из картины мира

Движение – простое механическое перемещение. Законы движения – фундаментальные законы мироздания.

Тела двигаются равномерно и прямолинейно, а отклонения от этого движения есть действие на них внешней силы (инерции).

Мерой инерции является масса.

Универсальным свойством тел является сила тяготения, которая

Принцип дальнего действия – взаимодействие между телами происходит мгновенно на любом расстоянии, т.е. действия могут передаваться в пустом пространстве с какой угодно скоростью

Тенденция сведения закономерностей высших форм движения материи к закономерностям простейшей его формы – механическому движению

На основе механической картины мира в XVIII – начале XIX вв. была разработана земная, небесная и молекулярная механика. Макромир и микромир подчинялись одним и тем же механическим законам. Это привело к абсолютизации механической картины мира. Она стала рассматриваться в качестве универсальной или классической

Рис. 10. Механистическая картина мира

Отношение длины к ширине золотого прямоугольника должно быть равно 1,618033989 (число «ФИ» в сокращении 1,618). Итальянский математик Фибоначчи (1170–1250, родился в Пизе) открыл бесконечный ряд чисел: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, ..., в котором каждое новое число является сум-

мой двух предыдущих, отношение последующего к предыдущему (после 3) равно «ФИ».

На основе представлений древних ученых и последующих представлений средних веков полностью сложилась механистическая картина Мира (рис. 10).

В рамках данной картины все События и Перемены были взаимосвязаны и взаимообусловлены механическим движением, и это связано с механистическим детерминизмом в концепции Лапласа.

**Детерминизм** (лат. *determine* – определяю) в краткой интерпретации означает, что, если известны начальные условия системы, можно, используя законы природы, предсказать ее конечное состояние.

Случайность – это явление, причина которой пока неизвестна.

Жесткую причинно-следственную связь событий критиковал еще Эпикур. Этическую неприемлемость концепции детерминированного движения атомов Эпикур выразил словами «Смерть не имеет к нам никакого отношения, так как, когда мы существуем, Смерть еще не существует, а когда смерть присутствует, тогда мы не существуем».

Развивая учение Детерминизма, Эпикур заявил, что атомы различаются по массе и это было подтверждено после открытия системы Д.И. Менделеева, и в отличие от Демокрита он считал, что атомы движутся по строго заданным траекториям, и поэтому все в мире предопределено заранее. Эпикур полагал, что движение атомов в значительной степени случайно, и, следовательно, всегда возможны различные варианты развития событий.

#### **1.4. Естествознание в России**

Естествознание в России стало развиваться на три века позднее, чем в Европе, в связи:

- 1) с татаро-монгольским игом;
- 2) с тем, что российское духовенство не несло своим верующим научные знания, в отличие от католических священников;
- 3) с тем, что аристократы России развивали культуру и не стремились к научным исследованиям.

Начало развития естествознания приходится на эпоху Петра I, как необходимое условие его реформ.

Развивается учение об электричестве (в трудах Ломоносова и Рихмана). М.В. Ломоносов (1711–1765) разработал учение о теплоте, работал в области физической химии (является ее основателем) и в области геофизики.

Некоторые сведения из жизни М.В. Ломоносова.

В 1745 году Ломоносов был утвержден в должности профессора химии, что означало в то время признание его членом Петербургской академии наук.

В 1748 году рядом с домом, в котором жил Ломоносов, была построена химическая лаборатория. В ней было проведено большое число исследований, в частности определение растворимости металлов в кислотах и солей в воде, ряд исследований прикладного характера.

В мае 1761 года около сотни астрономов разных стран наблюдали редкое событие – «прохождение Венеры по диску Солнца». Наблюдал его и Ломоносов. После шестичасового бдения у телескопа он записал: «Планета Венера окружена знатною воздушною атмосферою, таковою (лишь бы не большею), какова обвивается около нашего шара земного».

Открытие атмосферы Венеры является самым крупным достижением Ломоносова в астрономии. Световой ободок вокруг Венеры установил не только Ломоносов, но и некоторые другие наблюдатели. Но только Ломоносов дал правильное объяснение этому явлению – как следствию преломления солнечных лучей в атмосфере Венеры.

Основоположник естественной науки, всей системы образования и просвещения, чуждый национальной ограниченности, он многое сделал для создания университетов и гимназий, «в которых бы всякого звания люди обучаться могли». Глубокие идеи Ломоносова были положены в основу проекта организации Московского университета и определили его успех в первые десятилетия существования.

Проект учитывал насущные потребности страны в специалистах с широкой образовательной подготовкой и умением работать в разнообразных хозяйствах, научных и культурных областях. Ломоносов принял самое активное и живое участие в выработке университетского устава. Благодаря неутомимой энергии и настойчивости Ломоносова, его замыслы и требования были выполнены. Университет был торжественно открыт в 1755 году.

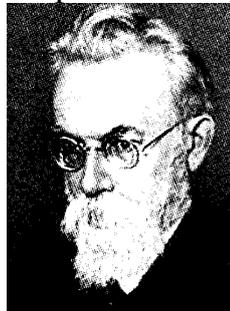
Известность Ломоносова и как крупнейшего ученого, и как талантливого стихотворца непрерывно росла. К сожалению, здоровье его быстро ухудшалось. Сказывалась огромная нагрузка, которую он вел, и тяжелая обстановка в академии, непрерывно возникающие препятствия на пути решения важных задач развития науки, которые Ломоносов старался преодолеть, не жалея сил. Он скончался на 54-м году жизни 4 (15) апреля 1765 года. За год до смерти он составил «Роспись сочинениям и другим трудам советника Ломоносова», которая не может не удивлять любого ученого своим объемом и разнообразием.

Как говорил В.И. Вернадский (основатель естествознания как науки в России): «Ломоносов как ученый неocenен до сих пор».

Ломоносов открыл закон сохранения энергии. Влияние его работ прослеживается до середины XIX – XX вв.



М.В. Ломоносов



В.И. Вернадский



Ю.Р. Майер



Г. Гельмгольц

Л. Эйлер – математик, работал в России, внес большой вклад в развитие науки.

### 1.5 Естествознание в XIX – XX веках

К концу XVIII – началу XIX в. были сформулированы законы сохранения:

1. *Закон сохранения импульса (P):*  $P$  – импульс,  $\mathbf{P} = m\mathbf{v}$ . В закрытой системе полный импульс сохраняется. Закрытая система – система, которая не обменивается с окружающей средой ни энергией, ни массой, ни информацией.

2. *Закон сохранения энергии.*

Энергия не возникает из ничего и не исчезает, она переходит из одного вида в другой.

Закон сохранения энергии был открыт не только Ломоносовым, но и Майером и Гельмгольцем.

3. *Закон сохранения момента импульса (L):*

$\mathbf{L}$  – момент импульса:  $\mathbf{L} = [\mathbf{r} \mathbf{P}]$  (рис. 11). В закрытой системе суммарный момент импульса сохраняется. Законы сохранения являются фундаментальными, т.к. они связаны с симметрией пространства-времени, которая является также фундаментальным свойством природы.

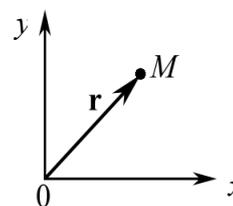


Рис. 11

за-

В 1799 г. Гальвани открыл явление, благодаря которому были созданы автономные источники электричества (аккумуляторы, батарейки). Электричество стало использоваться в технических целях.

В 1831 г. М. Фарадей открыл закон электромагнитной индукции. Этот закон положил начало созданию электромоторов и электрогенераторов:

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt},$$

где  $\varepsilon_i$  – электродвижущая сила индукции;  $\Phi$  – магнитный поток.

В 1836 г. Якоби открыл гальванопластику (покрытия).

В 1869 г. Д.И. Менделеев открыл периодический закон: свойства элементов зависят от числа частиц в атоме элемента. Этот закон имел огромное значение в развитии атомной физики и квантовой химии.



Л. Гальвани



М. Фарадей



Б.С. Якоби



Д.И. Менделеев



О. Френель



Томас Юнг

Английский ученый Т. Юнг и французский физик О. Френель разработали волновую теорию света. Волновая теория основывается на трех явлениях: интерференции, дифракции и позднее открытой поляризации. В середине XX в. открыто явление голографии, также имеющее отношение к волновой природе света.

## Спектры испускания и поглощения

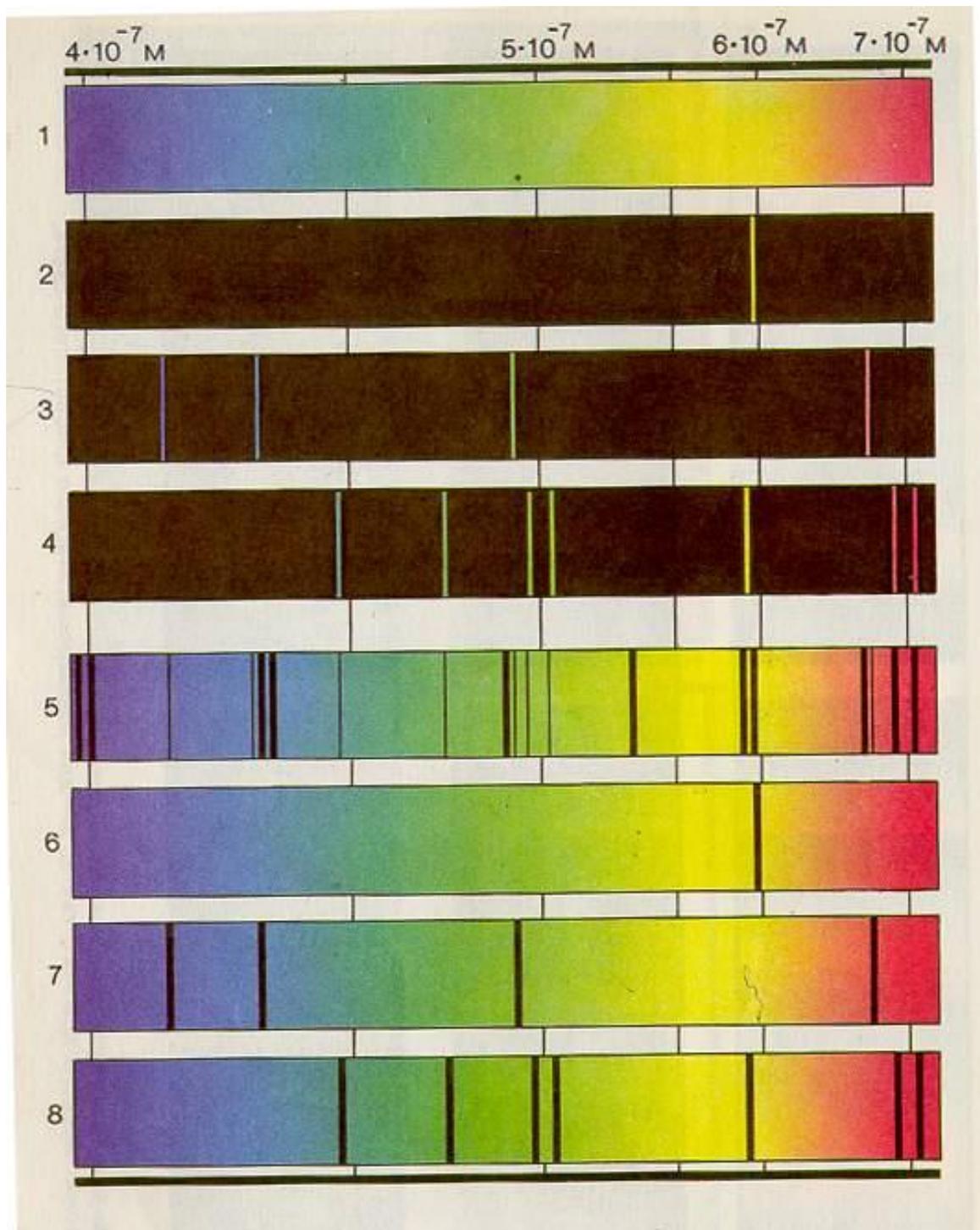


Рис. 12. Спектры испускания: 1 – сплошной; 2 – натрия; 3 – водорода; 4 – гелия. Спектры поглощения: 5 – солнечный; 6 – натрия; 7 – водорода; 8 – гелия



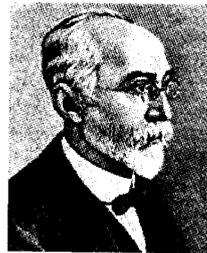
Ш. Кулон



Г. Ом



Э.Х. Ленц



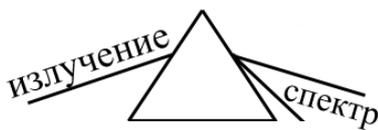
Х. Лоренц



Д. Максвелл

Волновая теория послужила основой для развития науки спектроскопии (спектр – разложение света на составляющие, см. рис. 12 «Спектры испускания и поглощения»).

Спектр может быть сплошным (радуга) и линейчатым, если через призму исследуется излучение веществ, находящихся в атомарном состоянии.



Призма

Рис 13.

По спектру излучения веществ можно узнать его состав. Этим пользуются в криминалистике, минералогии и т.д.

Главным прибором спектроскопа является призма (рис. 13).

В XIX в. были открыты законы электромагнетизма – законы Кулона, Ома, Ленца, постоянного тока, Фарадея, сила Лоренца.

Эти научные достижения были объединены Д. Максвеллом в семи уравнениях, которые до сих пор составляют основу электродинамики.

После того как было установлено, что скорость распространения электромагнитного излучения равна скорости света, был принят *принцип близкодействия*. Он означал, что взаимодействие распространяется с конечной скоростью (со скоростью света) и осуществляется посредством полей (электромагнитного, гравитационного).



Р. Клаузиус



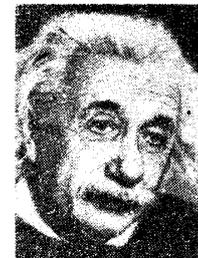
Дж. Томсон  
(Кельвин)



Л. Больцман



Н.И. Лобачевский



Эйнштейн

К концу XIX в. стала развиваться кинетическая теория газов в трудах Клаузиуса, Кельвина (Томсона), Л. Больцмана, Карно (теория теплового двигателя).

Поскольку кинетическая теория газов изучает системы с большим числом элементов, то получает развитие статистическая теория. Именно статистическая теория изучает системы с большим числом элементов.

Появились неевклидовы геометрии. Развитием этих геометрий занимались Риман, Лобачевский и др.

Эти геометрии послужили толчком к развитию специальной (частной) теории относительности (СТО) и общей теории относительности (ОТО) (автор Эйнштейн).

В них изучается движение микрообъектов со скоростями, близкими к скорости света в вакууме.

СТО рассматривает движение микрообъектов относительно инерциальных систем отсчета.

ОТО рассматривает движение микрообъектов относительно любых систем отсчета.

Система отсчета включает тело отсчета, систему координат, жестко связанную с телом отсчета, и часы для отсчета времени.

Инерциальная система отсчета – такая система отсчета, которая движется прямолинейно, равномерно или покоится относительно заведомо инерциальной системы отсчета.

Строго инерциальной является система отсчета, которая связана с Солнцем, и называется гелиоцентрической.

Практически инерциальной является система отсчета, связанная с Землей (геоцентрическая система отсчета).

### **Электромагнитная картина мира**

Возникновение электромагнитной картины мира характеризует качественно новый этап науки (рис. 14). Сравнение данной картины мира с механистической выявляет некоторые важные особенности. Например:

Механистическая картина	Электромагнитная картина
Механическое движение	Колебательное движение (волна)
Принцип дальнего действия	Принцип ближнего действия
Детерминизм	Случайность

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ КАРТИНА МИРА

Формируется на основе:

- начал электромагнетизма М. Фарадея (1791–1867),
- теории электромагнитного поля Д. Максвелла (1831–1879),
- электронной теории Г.А. Лоренца,
- постулатов теории относительности А. Эйнштейна (1879–1955)

### Характерные особенности

В рамках электромагнитной картины мира сложилась полевая, континуальная (непрерывная) модель реальности:

- материя – единое непрерывное поле с точечными силовыми центрами - электрическими зарядами и волновыми движениями в нем;
- мир – электродинамическая система, построенная из электрически заряженных частиц, взаимодействующих посредством электромагнитного поля

В электромагнитную картину мира было введено понятие вероятности

Игнорирование дискретной, атомистической природы вещества приводит максвелловскую электродинамику к целому ряду противоречий, которые снимаются с созданием Г. Лоренцом электронной теории или микроскопической электродинамики. Последняя восстанавливает в своих правах дискретные электрические заряды, но она сохраняет и после как объективную реальность

Движение – распространение колебаний в поле, которые описываются законами электродинамики

Принцип близкодействия – взаимодействия любого характера передаются полем от точки к точке непрерывно и с конечной скоростью

Реляционная (относительная) концепция пространства и времени: пространство и время связаны с процессами, происходящими в поле, т.е. они несамостоятельны и зависят от материи

А. Эйнштейн ввел в электромагнитную картину мира идею относительности пространства и времени. Так появилась общая теория относительности, ставшая последней крупной теорией, созданной (1916) в рамках электромагнитной картины

Рис. 14. Электромагнитная картина мира

## 1.6. Развитие теории света и современных разделов естествознания

В XVII – XVIII в.в господствовала корпускулярная теория света, которую предложил Исаак Ньютон.

В 30-х годах XIX в. корпускулярная теория Ньютона была заменена волновой теорией света Юнга–Френеля. Вопреки представлениям Ньютона о свете как потоке частиц (корпускул), волновая теория свидетельствовала о том, что электромагнитное излучение, или свет, обладает волновыми свойствами. Эти свойства проявляются в явлениях интерференции, дифракции, поляризации и голографии.

В 30-х годах XX в. были открыты два явления: фотоэффект и эффект Комптона, в которых свет, или электромагнитное излучение, снова проявлял корпускулярные свойства.

По современным представлениям свет (электромагнитное излучение) проявляет как волновые, так и корпускулярные свойства. При этом при малой длине волны ( $\lambda$ ) и большой частоте ( $\nu$ ) свет ( $\nu = c/\lambda$ ) преимущественно проявляет корпускулярные свойства, при большой длине волны и малой частоте свет – волновые свойства.

Таким образом говорят о дуализме, или двойственной природе, света. Энергия кванта света равна:  $\varepsilon = h\nu$ , где  $h$  – постоянная Планка;  $\nu$  – частота.

Фотон (частица света) движется со скоростью света  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с (в вакууме), не имеет массы покоя.



Э. Резерфорд



Н.Х. Бор



П. Кюри



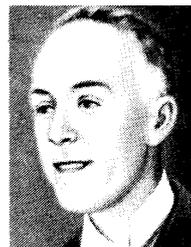
Дж. Томсон



И. Курчатов

Резерфорд, Бор, Кюри, Томсон, Курчатов работали в области атома и ядра, и была создана новая система энергетики (атомная энергетика).

Французский физик Луи де Бройль высказал гипотезу о том, что волновыми свойствами обладают не только фотоны, но и элементарные частицы, атомы, молекулы.



В. Гейзенберг    Макс Планк    Э. Шредингер    Поль Дирак    Л. де Бройль

В дальнейшем эта гипотеза была подтверждена экспериментально.

Была получена интерференционная картина, создаваемая электронами. Эта гипотеза, а также соотношения неопределенностей Гейзенберга, гипотезы Планка и Паули и уравнение для волновой функции Шредингера послужили основой самого современного раздела физики – квантовой нерелятивистской механики.

### **Физическая картина мира**

Физическая картина мира в качестве основы включает в себя общетеоретическое физическое знание (рис. 15). Естественно, что на разных этапах развития науки это знание по-разному интерпретировала внешний мир. Античная, Ньютоновская и современные физические картины мира очень сильно различаются по своей форме и внутреннему содержанию, и количественно, и качественно.

Схема физической картины мира связана со сменой представлений о материи: от атомистических, корпускулярных представлений о материи к полевым, континуальным, а затем к квантовым. Отсюда и три физических картины мира: механистическая, электромагнитная и квантово-полевая.

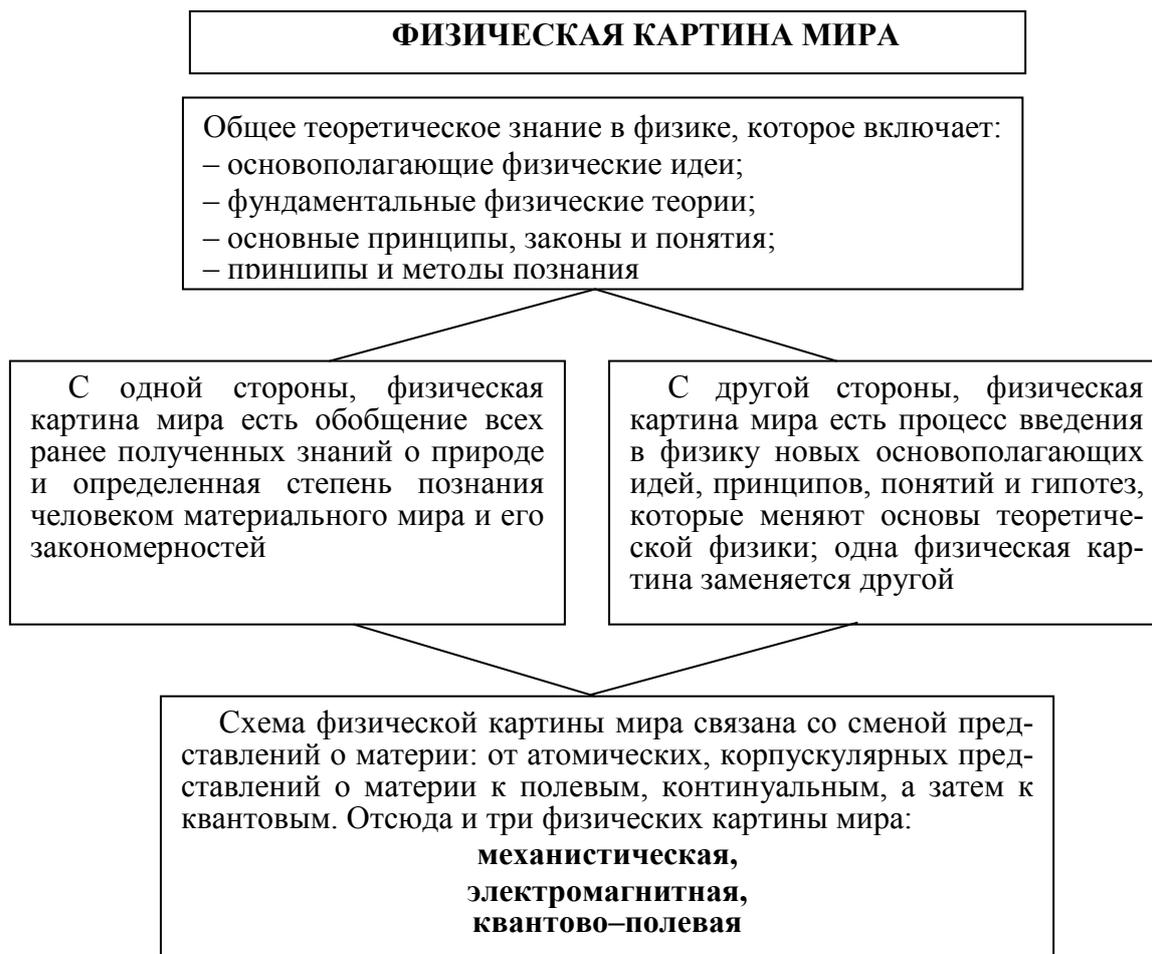


Рис. 15. Физическая картина мира

## 1.7. Принципы квантовой механики

**I. Принцип дополнительности** сформулирован Н. Бором (1927 г). Согласно этому принципу наличие информации об одних физических величинах, описывающих микрообъект (элементарная частица, атом, молекула) неизбежно связано с потерей информации о других величинах, дополняющих первые. Такими величинами, например, являются координата частицы и ее скорость (или импульс).

Принцип дополнительности Бор рассматривал как методологический принцип, в широкой трактовке этот принцип означает, что описывать физический объект, относящийся к микромиру, нужно во взаимоисключающих, дополнительных системах, например, одновременно и как волну, и как частицу.

Посмотрим, говорил Бор, с этой точки зрения на то, сводятся ли биологические закономерности к физико-химическим процессам?

Нет, закономерности живой материи, хотя и определяются законами физики и химии, но не сводятся к ним. Бор обосновывает мысль, что два подхода – биологический и физико-химический – дополнительные.

Аналогично можно говорить о дополнительности анализа и синтеза, научного и иррационального и др.

В физике количественным воплощением общего принципа дополнительности Бора явилось соотношение неопределенностей Гейзенберга.

**II. Принцип неопределенности** (соотношение неопределенностей Гейзенберга, открыт в 1927 г.).

Объект микромира невозможно одновременно с заданной точностью характеризовать координатой и импульсом. В классической механике частица движется по определенной траектории и в любой момент точно фиксированы ее координата и импульс. Согласно соотношению неопределенности Гейзенберга частица не может иметь одновременно и точно определенную координату ( $x, y, z$ ) и определенную соответствующую проекцию импульса ( $P_x, P_y, P_z$ ), причем неопределенность этих величин удовлетворяют условиям:

$$\Delta x \cdot \Delta P_x \geq h/2\pi, \quad \Delta y \cdot \Delta P_y \geq h/2\pi, \quad \Delta z \cdot \Delta P_z \geq h/2\pi,$$

где  $h$  – постоянная Планка;  $\Delta x, \Delta y, \Delta z$  – неопределенности координат;  $\Delta P_x, \Delta P_y, \Delta P_z$  – неопределенности проекций импульса.

Если выражение  $\Delta P_x$  заменить на  $\Delta P_x = \Delta v_x \cdot m$ , то

$$\Delta x \Delta v_x \geq \frac{\hbar}{m},$$

т.е. чем больше масса частицы, тем меньше неопределенности ( $\Delta x; \Delta v_x$ ) ее координаты и скорости и тем с большей точностью можно применить к этой частице понятие траектории.

Например, для пылинки массой  $m = 10^{-13}$  кг и линейными размерами  $l = 10^{-6}$  м, координата которой определена с точностью до 1/100 ее размера ( $\Delta x = 10^{-8}$  м), неопределенность скорости  $\Delta v$ :

$$\Delta v_x = \frac{1,06 \cdot 10^{-34}}{10^{-8} \cdot 10^{-13}} = 1 \cdot 10^{-14} \text{ м/с } (\eta = 1,06 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}),$$

т.е.  $x$  и  $v$  определяются точно.

Уравнение Шредингера, основное уравнение квантовой механики имеет следующий вид:

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi + (E + U)\psi,$$

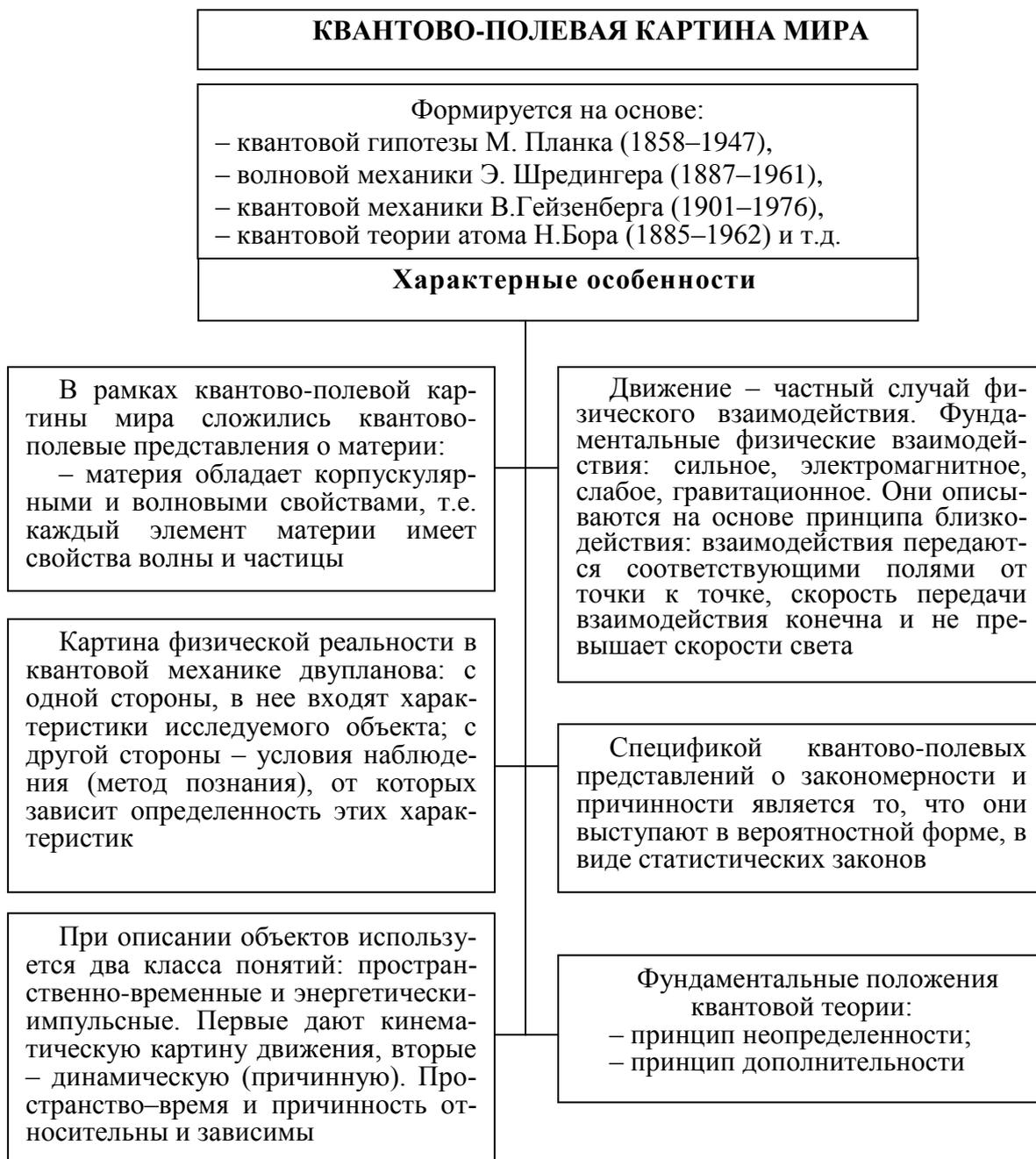


Рис. 16. Квантово-полевая картина мира

где  $i$  – мнимая единица ( $\sqrt{-1}$ );  $m$  – масса частицы;  $\Delta$  – оператор Лапласа,  $\Delta\psi = \frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial z^2}$ ;  $U$  – потенциальная энергия;  $E$  – энергия частицы;  $\Psi$  – волновая функция частицы;  $\hbar$  – постоянная Планка.

Волновая функция частицы  $\Psi$  определяет состояние частицы в квантовой механике.

Нерелятивистское уравнение квантовой механики Шредингера играет в этой науке такую же роль, какую II закон Ньютона играет в классической механике (который является уравнением движения макрообъекта).

Релятивистское уравнение квантовой механики написал Поль Дирак.

### **Квантово-полевая картина мира**

Данная картина мира явилась результатом дальнейшего развития электромагнитной картины мира.

Эта картина мира отражает уже единство двух предыдущих картин мира в единстве на основе принципа дополнительности.

### **1.8. Открытия в биологии**

В XVII – XVIII в.в накопилось очень много описаний растительного и животного миров.

Систематизацию различных животных и растений вывел Карл Линней (1707–1777).

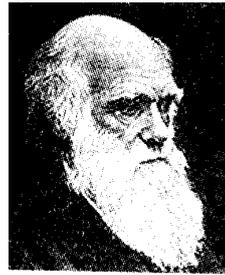
Впервые идею эволюционного развития животного мира высказал Жан Батист Ламарк.

Жорж Леопольд Кювье был самым выдающимся зоологом конца XVIII и начала XIX вв. Он был сторонником постоянства вида и главным противником последователей теории эволюции (Ламарк, Ж. Сент–Илер); одержав над ними верх в публичном споре в академии, Кювье на долгое время закрепил в науке ошибочное представление о неизменности вида. Исследования Кювье над ископаемыми животными парижского бассейна привели его к теории катастроф, по которой каждый геологический период имел свою фауну и флору и заканчивался громадным переворотом, катастрофой, при которой гибло на земле все живое и новый органический мир возникал путем нового творческого акта. Учение о катастрофах он изложил в «Discours sur les revolution de la surface du globe et sur les changements qu' elles ont produits dans le regne animal». Теория катастроф была предметом дискуссий, отвергнута наукой благодаря трудам Ч. Лайелла.

Однако отказ от идей катастрофизма не был окончательным: в 1-ой половине 20 в. Они частично возродились в форме так называемого неокатастрофизма – представления об одновременных на всей планете фазах складчатости и горообразования, прерывающих длительные эпохи относительного покоя и медленной эволюции коры.



Жан Ламарк



Ч. Дарвин



Грегор Мендель



Томас Морган



И. Вавилов

Открытия в естественных науках позволили Ч. Дарвину создать эволюционную теорию развития животного мира в труде «Эволюция видов».

Дарвин выдвинул тезис о естественном отборе наряду с принципами борьбы за существования, наследственности и изменчивости (мутации), который является основой дарвиновской теории эволюции.

В XX в. из биологии выделяется новое направление – генетика (генезис – развитие).

Генетика – наука о законах наследственности и изменчивости организмов и методах управления ими.

Начало генетики было положено в трудах Менделя и Моргана (изучал наследственность на зеленом горошке).

Мендель открыл законы дискретной, прерывистой наследственности, (т.е. наследуются не все наследственные признаки родителей у потомства).

Морган развивал теорию хромосомной наследственности (хромосома – цвет (признаки), сома – тело).

Хромосома – структурный элемент ядра клетки, содержит ДНК. Отдельные ее участки соответствуют определенным генам.

Ген – единица наследственного материала, ответственная за формирование какого-либо элементарного признака.

Самое большое значение генетики заключается в том, что она указала на непосредственную связь биологических и физико-химических процессов.

Российские ученые-генетики: И. Вавилов, Н. Кольцов.

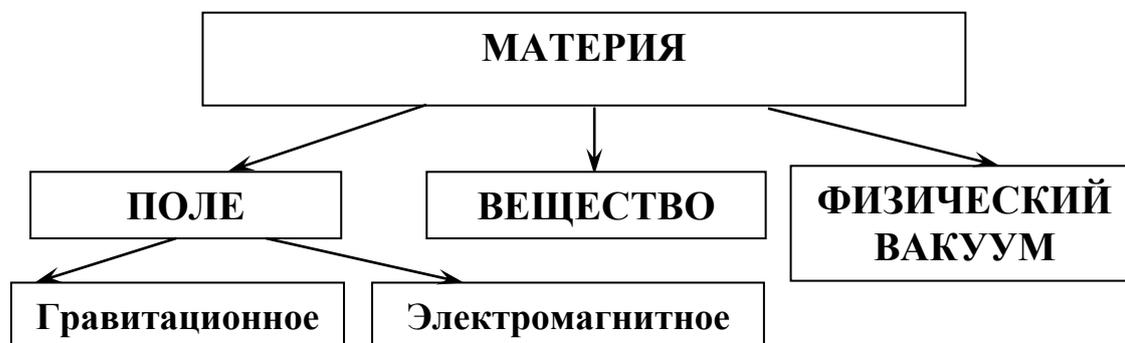
### Вопросы для самоконтроля

1. Какая наука являлась «праматерью» всех наук?
2. В чем достоинства и недостатки дифференциации наук?

- 3.** Кто из древних ученых высказал гипотезу об атомарном строении вещества?
- 4.** Кто из древних ученых создал гидравлические машины и успешно их использовал при обороне родного города?
- 5.** Чем объяснить то, что естествознание в России стало развиваться позднее, чем в Европе?
- 6.** В каком веке и в каких городах возникли первые университеты в Европе? Какие дисциплины изучали студенты в этих университетах?
- 7.** Кто из ученых России внес большой вклад в развитие естествознания?
- 8.** Кто, обобщив известные открытия, создал основу классической механики?
- 9.** В трудах каких ученых были заложены основы квантовой механики, специальной теории относительности?
- 10.** Каков предмет исследования естествознания?
- 11.** В трудах каких ученых были заложены основы диалектики?
- 12.** Какое условие необходимо, чтобы выполнялись законы сохранения?
- 13.** Какая наука указала на непосредственную связь биологических и физико-химических процессов?
- 14.** Сформулируйте принципы дальнего действия и ближнего действия, в чем их отличие?
- 15.** Сформулируйте принципы квантовой механики. Каковы границы применения этих принципов?

## Глава 2. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

### 2.1. Свойства материи и виды законов



В современном естествознании различают три вида материи: вещество, поле и физический вакуум.

Деление условно, т.к. внутри вещества имеется поле.

*Вещество* – основной вид материи, обладающей массой. К вещественным объектам относятся элементарные частицы, атомы, молекулы и многочисленные образованные из них материальные объекты. В химии вещества подразделяются на простые (с атомами одного химического элемента) и сложные – химические соединения. Свойства вещества зависят от внешних условий и интенсивности взаимодействия составляющих его атомов и молекул, что и обуславливает различные агрегатные состояния вещества: твердое, жидкое и газообразное. При сравнительно высокой температуре образуется плазменное состояние вещества. Переход вещества из одного состояния в другое можно рассматривать как один из видов движения материи.

В природе наблюдаются различные виды движения материи, которые можно классифицировать с учетом изменений свойств материальных объектов и их воздействий на окружающий мир. Механическое движение (относительное перемещение тел), колебательное и волновое движение, распространение и изменение различных полей, тепловое (хаотическое) движение атомов и молекул, равновесные и неравновесные процессы в макросистемах, фазовые переходы между различными агрегатными состояниями (плавление, парообразование и др.), радиоактивный распад, химические и ядерные реакции, развитие живых организмов и биосферы, эволюция звезд, галактик и Вселенной в целом – все это примеры многообразных видов движения материи.

*Физическое поле* – особый вид материи, обеспечивающий физическое взаимодействие материальных объектов и их систем. К физическим полям относятся электромагнитное и гравитационное поля, поле ядерных

сил, а также волновые (квантовые) поля, соответствующие различным частицам (например, электрон–позитронное поле). Источником физических полей являются частицы (например, для электромагнитного поля – заряженные частицы). Созданные частицами физические поля переносят с конечной скоростью взаимодействие между ними. В квантовой теории взаимодействие обуславливается обменом квантами поля между частицами.

*Физический вакуум* – низшее энергетическое состояние квантового поля. Этот термин введен в квантовой теории поля для объяснения некоторых микропроцессов. Среднее число квантов поля в вакууме равно нулю, однако в нем могут рождаться виртуальные частицы – частицы в промежуточных состояниях, существующие короткое время. Виртуальные частицы влияют на физические процессы. В физическом вакууме могут рождаться пары частица–античастица разных типов. При достаточно большой концентрации энергии вакуум взаимодействует с реальными частицами, что подтверждается экспериментом.

Материя при своем движении подчиняется трем видам законов:

1. Частные законы (большая часть законов химии, физики, биологии).
2. Общие законы (фундаментальные: законы сохранения, т.к. выполняются и в физике, и в химии, и в биологии без ограничений, эволюционный закон развития Ч. Дарвина, периодическая система элементов Д.И. Менделеева).
3. Всеобщие законы (законы диалектики). Диалектика – наука о развитии, разработана Гегелем. Большой вклад внесли К. Маркс, Ф. Энгельс, В. Ленин.

#### **Законы диалектики:**

1. *Закон единства и борьбы противоположностей.* Появился еще в учении Дао и других. Все в Мире имеет свою противоположность, эти противоположности находятся в постоянной борьбе и диалектическом единстве (примеры: положительный и отрицательный заряды, белое и черное, добро и зло, сладкое и горькое, эгоизм и альтруизм и т.д.).

2. *Переход количественных изменений в качественные.* Количественные изменения накапливаются и скачком переходят в качественные. Характерным примером является периодический закон Менделеева.

3. *Закон отрицания отрицания.* Идет непрерывное отрицание. Пример: смена поколений, смена формаций, смена технологических укладов.

Эти законы связаны между собой, особенно второй и третий. Несмотря на эту связь, различие действий просматривается на всем зримом пути развития.

Разнообразие форм и видов, существующее во Вселенной, возникло благодаря этим законам.

### **Виды движения материи (виды способов существования материи)**

1. Механическое движение тел относительно друг друга.
2. Переход одного вида энергии в другой. Пример: переход потенциальной энергии в кинетическую; переход механической энергии (при торможении автомобиля) в тепловую.
3. Химическое взаимодействие огромного количества веществ.
4. Биологические виды движения материи. Бесконечное разнообразие процессов, происходящих в живых организмах.
5. Социальные виды движений. Развитие цивилизации, конкретного сообщества, коллектива.

## **2.2. Научный метод исследования в естествознании**

Наряду с общим предметом исследования, естественнонаучные дисциплины объединяет и общий метод исследования, который обязан своим возникновением естествознанию.

Еще Конфуций в общих чертах указал составляющие научного метода. Он говорил: «К знанию ведут три пути: первый – размышление – самый благородный, второй – подражание – самый легкий, третий опыт – самый горький».

Составляющие научного метода включают размышление, наблюдение, опыт или эксперимент.

Научный метод не диктует жесткой последовательности действий исследователя, но он требует тщательной подготовки эксперимента, повторяемости его результатов, подтверждения гипотез и теорий и согласованности с известными теориями или объяснения несогласованности, если она есть

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Перечислите и сформулируйте законы диалектики. Приведите примеры.
2. Каков общий метод исследований в естествознании?

3. Какие законы, которые Вы изучали в школьных курсах физики, химии и биологии, Вам запомнились? Какие из них Вы бы отнесли к всеобщим? Общим? Частным?

4. Укажите самый простой и самый сложный вид движения материи.

5. Материально ли электромагнитное поле? Обоснуйте ответ.

### Свойства пространства–времени (формы существования материи)

Пространство–время является обобщенной философской категорией.

Общие свойства:

1. Пространство и время взаимосвязаны.

Это означает, что нет пространства вне времени, и нет времени вне пространства. В настоящее время пространство–время представляется 4-х мерным (рис. 17) – это представление ввел математик Минковский (один из основателей неевклидовых геометрий). Оно характеризуется четырьмя равноправными координатами ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $t$ ).

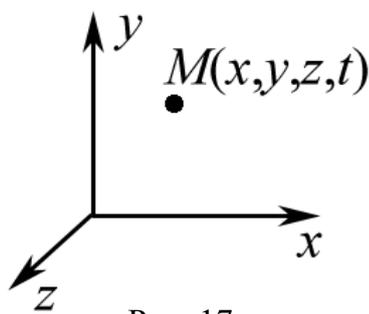


Рис. 17

2. Пространство–время относительно. В общем случае движения объектов со скоростями, близкими к скорости света в вакууме, пространство – время зависит от скорости движения.

Примечание. Если скорость движения объекта значительно меньше скорости света в вакууме, то пространство–время может считаться абсолютным и невзаимосвязанным (евклидовым), т.е. не зависящим от скорости движения объектов друг относительно друга. В пределах классической механики (Галилея – Ньютона) пространство–время является абсолютным и невзаимосвязанным.

3. Пространство–время неразрывно связано с движущейся материей, т.е. нет материи вне пространства–времени, как нет пространства без материи.

Примечание. Это не означает, что между пространством и временем нет различий.

Пространство характеризует взаимное расположение тел. В нем возможно движение как в прямом, так и в обратном направлении осей координат. Пространство имеет три измерения.

Время характеризует порядок следования событий (раньше или позже), имеет одно измерение и необратимый характер в плане следования событий.

4. Симметрия и асимметрия.

5. Кривизна пространства.

Рассмотрим подробнее симметрию и асимметрию и кривизну пространства.

### Симметрия и асимметрия

Симметрия и асимметрия пространства–времени являются общими свойствами для всех естественных наук, и это еще один их объединительный фактор.

В общем случае симметрия выражает степень упорядоченности какой-либо системы или объекта.

Понятие симметрии хорошо рассматривать на примере твердого тела (не изменяет своих размеров и формы при движении, т.е. не деформируется). К твердым телам относятся кристаллы.

Симметрия – способность твердого тела совмещаться с самим собой в результате движений (поворотов), а также воображаемых операций над его точками и возможность совмещения с отражением в плоском зеркале.

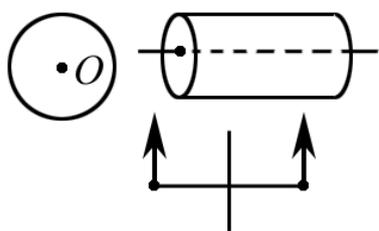


Рис. 18

Примеры простейших видов симметрии в твердом теле (рис. 18):

1) центр симметрии – точка  $O$  (шар);

2) ось симметрии (цилиндр);

3) плоскость симметрии (отражение в плоском зеркале).

Если объекты идентичны своим зеркальным отражениям, то их называют зеркально симметричными. Асимметричными, то есть не подобными своим зеркальным отражениям, могут быть не только наши «правые – левые» руки, предметы, но и молекулы, процессы, химические реакции, атомные или ядерные взаимодействия. Так многие молекулы имеют две зеркально симметричные формы (отсюда и их иное научное название – «хиральные изомеры».

Понятие **хиральности** появилось давно. Лорд Кельвин в 1893 году говорил, что фигуру нужно называть хиральной, «если ее отражение в зеркале не совпадает при наложении (подобно рукам человека)». Да и сам термин «хиральный» связан с рукой, так как происходит от английского слова «chirality» (от греч. «cheir» – рука), родственные слова - хирург, хи-

романия. Термин был предложен Кельвином в конце XIX века. Как химическое явление хиральность иначе называют оптической изометрией.

Помимо симметрии вещества (кристаллы) в современном естествознании понятия симметрии и асимметрии (любое нарушение симметрии) связываются с пространством–временем. Они применяются как метод теоретического анализа ряда закономерностей, явлений и т.д. Кроме того, эти понятия используются как принцип классификации многих явлений и веществ, а также используются для создания новых теорий.

Примеры использования теории симметрии:

1. Братья Кюри открыли пьезоэлектрики (рис. 19) (при деформации которых на гранях появляются нескомпенсированные заряды), используя планомерное рассмотрение групп симметрии кристаллов. Пьезоэлектрики имеют большое применение в технике (сейсморазведка – предсказание землетрясений и т.п.).

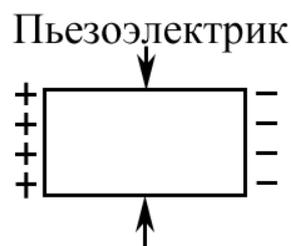


Рис. 19

2. Академик Шубников, пользуясь понятием симметрии, предугадал возможность создания искусственных пьезоэлектриков с заданными свойствами.

3. Систематизацию кристаллов выполнил геолог Федоров на основе методов симметрии и открыл новые кристаллы за 20 лет до того, как они были найдены в природе.

4. Химики в настоящее время создают полимеры (пластмасса) с заданной структурой решетки.

5. В физике свойства симметрии выражаются в неизменности вида физических законов. Три закона сохранения являются фундаментальными потому, что они связаны с общим свойством пространства–времени, т.е. с его симметрией.

Симметрия пространства–времени проявляется в трех его свойствах: однородность пространства (свойства пространства одинаковы во всех его точках); однородность времени (начало отсчета времени можно перенести); изотропность пространства (свойства пространства одинаковы во всех направлениях, оси координат можно поворачивать).

*Симметрия пространства - времени и законы сохранения*

Одной из важнейших особенностей геометрических симметрий является их связь с законами сохранения. Значение законов сохранения (законы сохранения импульса, энергии, заряда и др.) для науки трудно переоценить. Дело в том, что понятие симметрии применимо к любому объекту, в том числе и к физическому закону.

Вспомним, что согласно принципу относительности Эйнштейна, все физические законы имеют одинаковый вид в любых инерциальных системах отсчета. Это означает, что они симметричны (инвариантны) относительно перехода от одной инерциальной системы к другой.

**Теорема Нетер.** Наиболее общий подход к взаимосвязи симметрий и законов сохранения содержится в знаменитой теореме Э. Нетер. В 1918 г., работая в составе группы по проблемам теории относительности, доказала теорему, упрощенная формулировка которой гласит: если свойства системы не меняются относительно какого-либо преобразования переменных, то этому соответствует некоторый закон сохранения.

Рассмотрим переходы от одной инерциальной системы к другой. Поскольку есть разные способы таких переходов, то, следовательно, есть различные виды симметрии, каждому из которых, согласно теореме Нетер, должен соответствовать закон сохранения.

Переход от одной инерциальной системы (ИСО) к другой можно осуществлять следующими преобразованиями:

1. Сдвиг начала координат. Это связано с физической эквивалентностью всех точек пространства, т.е. с его однородностью. В этом случае говорят о симметрии относительно переносов в пространстве.

2. Поворот тройки осей координат. Эта возможность обусловлена одинаковостью свойств пространства во всех направлениях, т.е. изотропностью пространства и соответствует симметрии относительно поворотов.

3. Сдвиг начала отсчета по времени, соответствующий симметрии относительно переноса по времени. Этот вид симметрии связан с физической эквивалентностью различных моментов времени и однородностью времени, т.е. его равномерным течением во всех инерциальных системах отсчета. Смысл эквивалентности различных моментов времени заключается в том, что все физические явления протекают независимо от времени их начала (при прочих равных условиях).

4. Равномерное прямолинейное движение начала отсчета со скоростью  $v$ , т.е. переход от покоящейся системы к системе, движущейся равномерно и прямолинейно.

Это возможно, т.к. такие системы эквивалентны. Таковую симметрию условно называют изо-

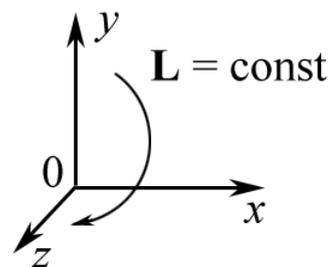


Рис. 20

тропностью пространства-времени. Переход же осуществляется с помощью преобразований Галилея или преобразований Лоренца. (Важно отметить, что физические законы не являются симметричными относительно вращающихся систем отсчета. Вращение замкнутой системы отсчета можно обнаружить по действию центробежных сил, изменения плоскости качания маятника и др. Кроме того, физические законы не являются симметричными и относительно масштабных преобразований систем – т.н. преобразований подобия. Поэтому законы макромира нельзя автоматически переносить на микромир и мегамир).

1. Закон сохранения импульса связан с однородностью пространства. Это означает, что начало координат можно переносить в любую точку пространства, полный импульс закрытой системы не изменится.

2. Закон сохранения энергии связан с однородностью времени. Начало отсчета времени можно переносить.

3. Закон сохранения момента импульса связан с изотропностью пространства. Оси координат можно поворачивать на любой угол, при этом момент импульса закрытой системы остается постоянным (рис. 20).

Эти виды симметрии относятся к **геометрическим**.

Помимо геометрического вида симметрии существуют **динамический** и **калибровочный** виды симметрии.

4. С **динамическим** видом симметрии связан закон сохранения электрического заряда (при превращениях элементарных частиц сумма электрических зарядов частиц остается неизменной).

Суть электромагнитной **калибровочной** симметрии состоит в том, что при масштабных преобразованиях силовые характеристики электромагнитного поля (напряженность электрического поля **E** и индукция магнитного поля **B** остаются неизменными. Из этого закона вытекает устойчивость электрона).

В теории элементарных частиц симметрия используется следующим образом: большинство частиц (кроме трех, в том числе фотон – частица света) имеют античастицу – это симметрия.

Многие уравнения теории элементарных частиц инвариантны (не изменяются) относительно замены частицы на античастицу.

частица  электрон $m_e$	античастица  позитрон $m_e$
---	---

⊕	⊖
протон	антипротон
$m_p$	$m_p$

Понятие симметрии стало применяться для характеристики процессов, отличающихся повторением (кристаллы), правильным ритмом (колебания), полным или частичным соответствием одной части процесса другой (обратимые химические реакции:  $\text{H}_2\text{SO}_4 \leftrightarrow 2\text{H} + \text{SO}_4$ ). В математике: равенства и тождества симметричны.

В широком смысле симметрия – это понятие, отображающее существующий в объективной действительности порядок, определенное равновесное состояние, относительную устойчивость, пропорциональность и соразмерность между частями целого. Противоположным понятием является понятие асимметрии, которое отражает существующее в объективном мире нарушение порядка, равновесия, относительной устойчивости, пропорциональности и соразмерности между отдельными частями целого, связанное с изменением, развитием и организационной перестройкой. Уже отсюда следует, что асимметрия может рассматриваться как источник развития, эволюции, образования нового.

### Асимметрия в неживой природе

По мере развития науки и техники стали накапливаться сведения о наличии в природе не только симметрии, но и асимметрии.

В частности, в кристаллах были обнаружены точечные дефекты (вакансия – свободное место, междоузельный атом); линейные дефекты.

Теория асимметрии проявляется также в том, что не у всех частиц найдены античастицы. Были обнаружены асимметричные явления:

1. *Сверхпроводимость* (зависимость сопротивления проводников от температуры). В экспериментах наблюдается скачкообразное уменьшение сопротивления проводников при температурах, близких к абсолютному нулю, и в этом проявляется асимметрия. Само явление сверхпроводимости заключается в скачкообразном уменьшении сопротивления проводников при  $T \cong 0$  (рис. 21).

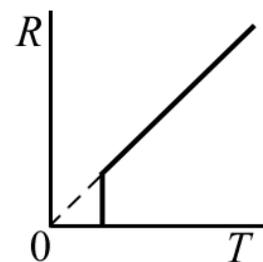


Рис. 21

2. *Лазерное излучение*. Асимметрия проявляется в том, что излучение лазера (оптического квантового генератора) является когерентным в отличие от излучения естественных источников. Одинаковость частоты ( $\nu$ )

колебаний излучения и постоянство во времени разности фаз ( $\delta$ ) колебаний являются признаками когерентности излучения.

Колебания называются *гармоническими*, если они совершаются по закону косинуса или синуса:

$$\begin{aligned}x_1 &= x_{01} \sin(\omega t + \varphi_1), \\x_2 &= x_{02} \sin(\omega t + \varphi_2), \\ \delta &= (\varphi_2 - \varphi_1) = \text{const}, \\ \delta &\text{ – разность фаз колебаний.}\end{aligned}$$

В естественных источниках излучение является совокупностью излучений огромного количества атомов, которые излучают квант энергии через  $10^{-8}$  с в разное время, поэтому разность фаз колебаний  $\delta$  постоянно меняется во времени, следовательно оно не является когерентным.

Излучение лазера является когерентным, потому что атомы перед излучением накапливаются в одном и том же состоянии и излучение происходит синхронно, имеет узкую направленность и большую мощность.

### **Симметрия и асимметрия в живой природе**

Древним людям живой организм казался симметричным, затем начали обнаруживать асимметрию левой и правой половины организма: асимметрия левого и правого полушария головного мозга; раковины моллюсков оказались закручены в одну сторону и т.д.

Затем обнаружили, что асимметрия присуща не только пространственным признакам. Была найдена асимметрия процессов химических реакций, процессов старения организма.

По мере накопления сведений было обнаружено, что симметрия и асимметрия присущи живой и неживой природе, и эти свойства находятся в диалектическом единстве как проявление закона диалектики – единства и борьбы противоположностей.

Но в живой и неживой природе они проявляются по-разному.

**В неживой природе** преобладает симметрия – это основное состояние неживых систем. Асимметрия приводит к разрушению этого состояния, а иногда к разрушению свойств вещества (накопление дефектов в кристаллах приводит к изменению их свойств или к полному их разрушению). Асимметрия – это элемент динамики развития.

**В живой природе** преобладает асимметрия. Симметрия здесь рассматривается как ступень промежуточного развития, изменения, при этом

могут быть незаметны внешне (элемент статики). Как в живой, так и в неживой природе асимметрия стала рассматриваться как элемент динамики, без которого невозможно изменение состояния и дальнейшее развитие.

Симметрия и асимметрия – единство статического и динамического в природе.

Следует различать симметрию и асимметрию состояния и структуры. Симметрия связывается с устойчивостью тел и явлений, с сохранением ими данных состояний, то есть с равновесием и является преобладающим в неживой природе. Чтобы произошло какое-то изменение (выход из состояния равновесия), необходимо возникновение некоторой асимметрии (действие внешних по отношению к системе сил) как причины изменения вообще, таким образом, с понятием асимметрии связывается изменчивость, динамизм, развитие. Для тел живой природы взаимодействие со средой и постоянное изменение в процессе обмена веществ является коренным условием их существования. Поэтому преобладание асимметрии, как в структурах, так и в процессах живого организма, является закономерным. Симметрия же остается в качестве условия закрепления полученных изменений, сохранения данного типа структуры. Единство симметрии и асимметрии наблюдается на всех уровнях живого – от его микроуровня (веществ, составляющих живое) до единой системы целостного организма.

### Принципы симметрии

1. Однородность пространства – все точки равноправны; все физические процессы протекают одинаково во всех точках пространства.
2. Изотропность – все направления равноправны, если систему отсчета повернуть на некоторый угол, физические законы не изменятся.
3. Однородность времени – если повторить процесс через некоторый произвольный промежуток времени, его результаты не изменятся.
4. Принцип преобразования движений (или принцип относительности: законы физики имеют одинаковую форму во всех инерциальных системах отсчета (иногда называют принципом инвариантности)).

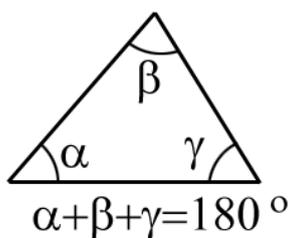
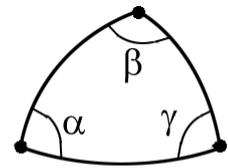


Рис. 22

### Кривизна пространства

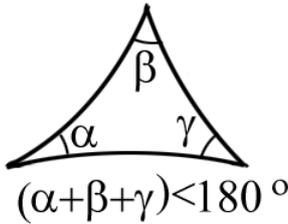
1. Геометрия на плоскости – эвклидова (неискривленная) геометрия. Можно указать признак: сумма углов в треугольнике равна  $180^\circ$  (рис. 22).

2. Геометрия Римана (искривленная), треугольник на шаре, сумма углов в треугольнике больше  $180^\circ$  (рис. 23).



$$(\alpha + \beta + \gamma) > 180^\circ$$

Рис. 23



$$(\alpha + \beta + \gamma) < 180^\circ$$

Рис. 24

3. Геометрия Лобачевского (искривленная), треугольник на седловине, сумма углов в треугольнике меньше  $180^\circ$  (рис. 24)

Геометрии Римана и Лобачевского имели огромное значение для развития теории относительности. В частности, математик Герман Минковский применил неевклидовы геометрии для объяснения теории относительности. Эйнштейн предположил в общей теории относительности, что кривизну пространства можно объяснить наличием гравитационного поля, или поля тяготения. Он предложил использовать неинерциальные системы отсчета в качестве инерциальных, в которых имеется поле тяготения.

Таким образом, гравитационное поле, по предположению Эйнштейна, является причиной искривления пространства.

От чего будет зависеть гравитационное поле и кривизна пространства? На этот вопрос можно ответить, рассматривая закон всемирного тяготения.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

сила гравитационного притяжения (рис. 25).

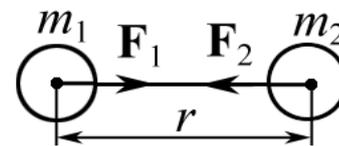


Рис. 25

Поскольку масса ( $m$ ) зависит от плотности вещества и объема тела ( $m = \rho \cdot V$ , где  $\rho$  – плотность вещества;  $V$  – объем тела), то в конечном счете сила гравитационного притяжения зависит от плотностей веществ взаимодействующих тел. Кроме того, сила гравитационного притяжения (величина гравитационного поля) зависит от расстояния ( $r$ ) между телами, и следовательно будет изменяться при движении тел. Поэтому мы можем сказать, что гравитационное поле и кривизна пространства зависят от плотности вещества и его движения.

Гравитационное поле, как и электрическое, имеет характеристики: напряженность и потенциал. Напряженность ( $g$ ) гравитационного поля – сила, действующая в данной точке поля на единицу массы тела – равна

$$g = \frac{F_{\Gamma}}{m} \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right].$$

Для поля Земли:  $g = \frac{G \cdot M_3 \cdot m}{m \cdot r^2} = \frac{G \cdot M_3}{r^2}$ , здесь  $M_3$  – масса Земли;  $m$  –

масса тела. Из этого соотношения следует, что напряженность гравитационного поля численно равна ускорению свободного падения.

Потенциал гравитационного поля численно равен потенциальной энергии гравитационного взаимодействия в данной точке поля тела единичной массы

$$\Phi_{\Gamma} = \frac{W_{\Gamma}}{m} = \frac{G \cdot M_3 \cdot m}{m \cdot r} = \frac{G \cdot M_3}{r} \left[ \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \right].$$

В пределах нашей солнечной системы и даже за ее пределами пространство может считаться эвклидовым. Однако во Вселенной существуют объекты, вблизи которых пространство является существенно искривленным. К таким объектам относятся массивные тела, например Солнце, звезды, черные дыры и др.

Понятие черной дыры распространено в повседневной жизни, например, это название можно встретить в газетной статье, представленной ниже

17 МАЯ 2008 ГОДА

как нам предотвратить грозящую катастрофу  
**ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ**  
РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ

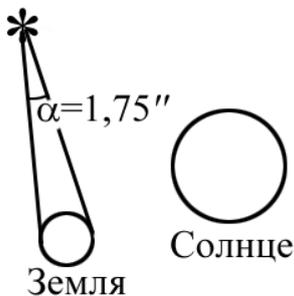


Рис. 27

Гипотетическое понятие

черной дыры представляет этот объект следующим образом: возьмем ящик объемом  $1 \text{ м}^3$  и покрасим его черной краской, в боковой грани сделаем отверстие  $1 \text{ мм}$ . Поднесем к отверстию фонарик, свет поглотится. Вероятность того, что часть световой энергии отразится наружу, равна нулю.



Рис. 26. Модель черной дыры. По мнению ученых, при поглощении вещества черной дырой электроны выбрасываются в виде узких струй

В космических масштабах черная дыра имеет огромную плотность вещества, которая превышает ядерную ( $\rho_{\text{ядра}} \cong 10^{14} \text{ кг/м}^3$ ;  $\rho_{\text{платины}} \cong 2,14 \cdot 10^4 \text{ кг/м}^3$ ).

Для того, чтобы Земля могла превратиться в черную дыру, ее плотность должна быть такой, какой она станет при сжатии Земли до диаметра около 1 мм.

Вблизи Солнца луч, проходящий от далекой звезды, отклонится на угол, равный  $1,75''$  (рис. 27).

$$1'' = \frac{1}{3600} \text{ (угловая секунда).}$$

Изменение гравитационного поля имеет место:

- 1) от точки к точке по поверхности Земли;
- 2) во времени.

К сожалению, в настоящее время гравитационное поле измерено только в тех местах, где имеется навигация.

Изменение гравитационного поля в пространстве и во времени приводит к сбою устройств, поддерживающих курс воздушных и морских судов, и это может привести к катастрофам.

Самолеты «Стелс» (невидимки) могут летать только в измеренном поле гравитации.

Измерению гравитационного поля и, в особенности, его изменению во времени придается большое значение.

Предполагают, что в районе Бермудского треугольника существует отклонение гравитационного поля от среднего значения по земной поверхности, которое изменяется во времени. Вызывается это изменение движением масс вещества внутри Земли. Это и приводит к катастрофам.

Оказалось, что и развитие таких объектов, как сама Вселенная, зависит от плотности материи в ней.

### **Принцип эквивалентности сил гравитации и инерции**

Принцип эквивалентности сил гравитации и инерции был сформулирован еще Ньютоном для механических явлений и затем использован А.Эйнштейном для всех физических явлений. При выводе общей теории относительности этот принцип А.Эйнштейн сформулирован следующим образом: "Силы гравитационного взаимодействия пропорциональны гравитационной массе тела, силы инерции пропорциональны инертной массе тела. Если инертная и гравитационная массы равны, то невозможно отличить, какая сила действует на данное тело – гравитационная сила или сила инерции".

### 2.3. Вселенная. Происхождение и развитие

В современной космологии существует две линии, объединяющие все группы гипотез происхождения Вселенной:

1 линия – классическая теория о происхождении Вселенной, которая основывается на мифах древности. Основатели: И. Кант – философ и Лаплас – физик, математик (жил во времена Наполеона).

Эта теория исходит из того, что Вселенная произошла из разреженного состояния материи путем дальнейшего ее сжатия под действием гравитации.

2 линия – основывается на прямо противоположном представлении. Здесь предполагается, что Вселенная произошла из сверхплотного состояния путем Большого взрыва и дальнейшего ее расширения. Основатели: академик Амбарцумян (происхождение Вселенной – Большой взрыв) и Фридман (дальнейшее расширение).

Эта теория называется «Релятивистская модель нестационарной (изменяющейся) Вселенной».

Эта вторая линия гипотез имеет научное обоснование, благодаря открытию микроволнового реликтового излучения, оставшегося от породившего Вселенную Большого взрыва, и эффекта Доплера, свидетельствующего о расширении Вселенной.

Реликтовое излучение было открыто в 1989 г. В 2006 году ученые (США) Джон Мэтер и Джордж Смут получили Нобелевскую премию за открытие анизотропии реликтового излучения. Анизотропия реликтового излучения заключается в неоднородности температуры излучения, то есть излучение то более интенсивно, то менее. Мэтер и Смут открыли анизотропию реликтового излучения в апреле 1992 года, а еще ранее, в январе того же года, сотрудник РАН Андрей Брюханов выступил с сообщением об обнаружении анизотропии реликтового излучения в эксперименте «Реликт» на борту космического аппарата серии «Прогноз».

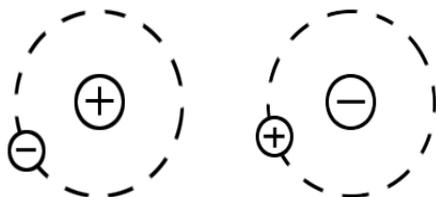
Через  $10^{-33}$  с после Большого взрыва установилось «нужное» соотношение плотности излучения и плотности вещества.

$10^9 : 1$  (излучение : вещество). При таком соотношении плотностей излучения и вещества отрицается аннигиляция (самоуничтожение) вещества и антивещества.

Согласно теории вероятности количество вещества и антивещества после Большого взрыва должно быть одинаковым.

**вещество**

**антивещество**



Ядро:    протоны      антипротоны  
          нейтроны    антинейтроны

На орбите:    электроны    позитроны

Пока нет объяснения, почему вещество преобладает над антивеществом после Большого взрыва. Объяснение существует на уровне гипотез (скрытые симметрии и асимметрии, например «Буриданов осел»). Буридан – первый ректор Сорбоннского университета.

После Большого взрыва через  $10^{-33}$  с развитие Вселенной можно разделить на 4 эпохи. Название эпох (этапов) происходит по преобладанию частиц, вещества, излучения.

**1. Адронная эпоха** (греч. «адрос» – тяжелый). После Большого взрыва материя существовала в виде частиц и поля, имевших огромную энергию. Этим объясняется название «Релятивистская ...». Американские исследователи считают, что материя после Большого взрыва существовала не в виде раскаленного газа, а в виде жидкости. Первые частицы (прародители) – преоны. Распад преонов привел к появлению гипотетических частиц – кварков. Кварки не существуют в свободном состоянии, как предполагают, из них состоят протоны и нейтроны.

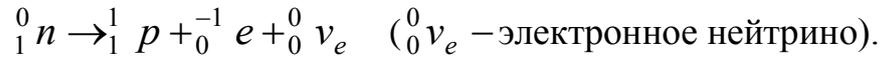
В эту эпоху под действием больших температур и давления из кварков начали образовываться протоны и нейтроны.

Кварки, протоны и нейтроны относятся к тяжелым частицам и называются **адроны**.

К концу эпохи из протонов и нейтронов начинают образовываться ядра. В большом количестве ядра образуются также в лептонную эпоху при  $T = 10^{12}$  К (температура поверхности Солнца – 6000 К).

**2. Лептонная эпоха** (греч. «лептос» – легкий).

В эту эпоху образуется большое количество легких частиц, к которым относятся электроны, нейтрино и др. Нейтрино образуются в ядерных реакциях типа:



Поскольку в эту эпоху существуют ядра и электроны, следовательно начинается образование атомов ( $T = 10^7$  К). Эта эпоха длится 10 с.

**3. Эпоха излучения.** Плотность излучения меньше, чем в адронную эпоху, но все равно многократно превышает плотность вещества.

По мере уменьшения температуры в результате рассеяния энергии плотность излучения уменьшается, а плотность вещества растет.

Длится 1 млн. лет.

**4. Эпоха вещества.** Плотность вещества преобладает над плотностью излучения. Длится 15 – 18 млрд. лет.

Дальнейшее развитие Вселенной зависит от соотношения ( $G\rho - H^2$ ):

– если соотношение ( $G\rho - H^2$ ) < 0, то Вселенная может расширяться до бесконечности;

– если ( $G\rho - H^2$ ) > 0, то расширение сменится сжатием.

Здесь  $G$  – гравитационная постоянная;  $H$  – постоянная Хаббла (коэффициент пропорциональности между скоростью удаления галактик и расстоянием до них);  $\rho$  – плотность вещества во Вселенной. Эдвин Хаббл – американский астрофизик.

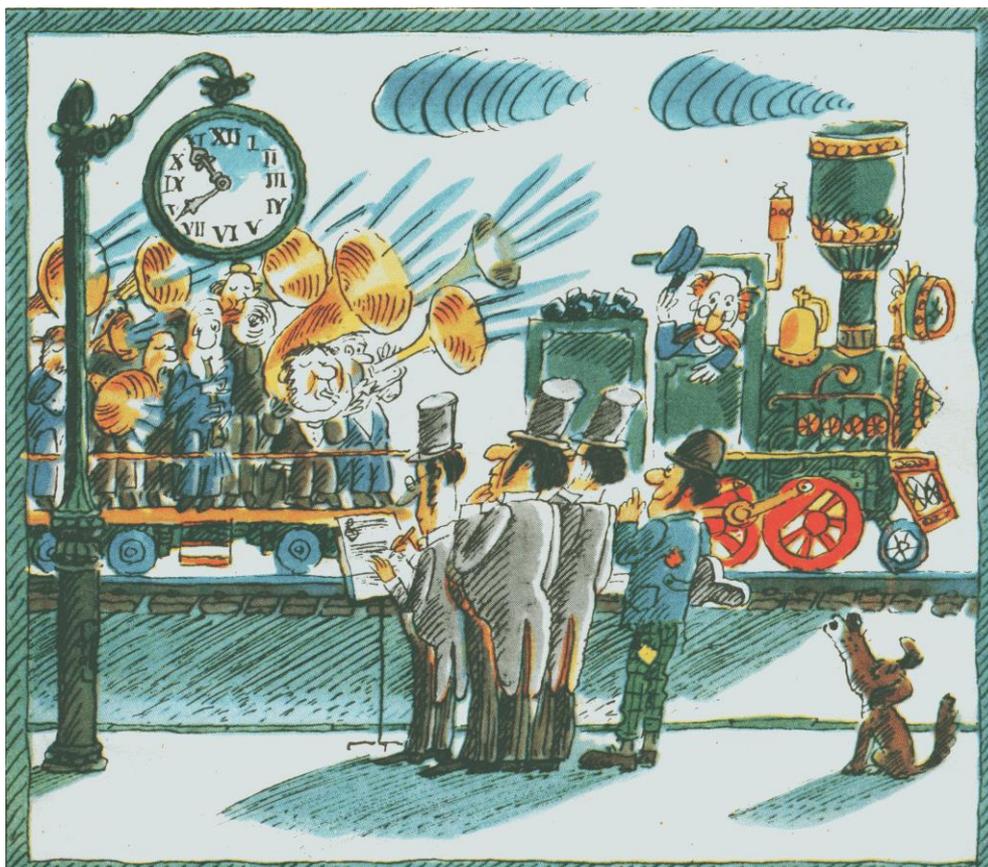
### Эффект Доплера (красное смещение)



Эдвин Хаббл

Эффект Доплера состоит в изменении частоты принимаемого сигнала в зависимости от относительной скорости движения источника и приемника сигнала.

На рисунке, созданном воображением художника, показано, что частоты звучания оркестра изменились в результате движения платформы, на которой располагается оркестр (источник сигнала), что вызвало удивление музыкантов, стоящих на неподвижной платформе (приемник сигнала).



Как свидетельствует легенда, Доплер открыл эффект изменения частоты сигнала для звуковых волн, позднее эффект Доплера был установлен для электромагнитных волн.

Эффект Доплера для электромагнитных волн заключается в том, что спектр излучения далеких галактик смещается в красную сторону. Это связано с увеличением длины волны излучения от звезд далеких галактик. Эффект Доплера сначала был открыт в акустике (для звуковых волн). Заключается в изменении частоты ( $\nu$ ) принимаемого излучения в зависимости от относительной скорости  $v$  движения источника и приемника излучения:

$$\nu = \nu_0 \cdot \sqrt{\frac{1 - v/c}{1 + v/c}}, \quad (1)$$

где  $c$  – скорость света в вакууме;  $\nu_0$  – частота излучения, когда источник и приемник неподвижны. Это соотношение для электромагнитной волны.

Если источник и приемник удаляются друг от друга (в частном случае – удаляющаяся галактика), то относительная скорость движения  $v$  является положительной.

Тогда в соотношении (1) подкоренное выражение будет меньше 1, следовательно  $v < v_0$  и частота излучения уменьшится.

$$\lambda = \frac{c}{v}$$

Если частота ( $v$ ) растет, то длина волны ( $\lambda$ ) уменьшается, если частота ( $v$ ) уменьшается, то длина волны ( $\lambda$ ) увеличивается. Смещение спектра излучения в красную сторону (0,7 мкм) свидетельствует о том, что в настоящее время галактики удаляются друг от друга, а Вселенная расширяется.

Следовательно, раньше Мир был более плотным. Значит, вторая группа гипотез имеет научное подтверждение.

### **Объекты Вселенной**

В настоящее время Вселенная состоит из галактик (скоплений  $10^9 \div 10^{12}$  звезд) различного типа.

В зависимости от формы, галактики подразделяются :

- на плоские;
- дискообразные;
- спиралевидные (Млечный путь).

Существуют необычные объекты во Вселенной – квазары, от которых приходит мощное излучение на Землю, и механизм этого излучения не ясен.

Во Вселенной очень много газа и пыли. По-видимому, существуют черные дыры.

Неизвестные объекты – пульсары (излучение у них пульсирующее). Предполагают, что пульсары – это нейтронные звезды, они очень быстро вращаются и их излучение пульсирует.

Предполагают, что кометы и метеориты, которые долетают до Земли, могли принести на нее органические соединения.

Звезды, как люди, рождаются, живут и умирают в результате Большого взрыва и снова возвращают вещество во Вселенную (круговорот вещества во Вселенной). Но при этом возвращенное вещество имеет уже другой состав. В этом новом веществе содержится гидроксильная группа OH,  $\text{CH}_3\text{НСО}$ ,  $\text{CH}_3\text{ОН}$  и др., которая является строительным материалом для органических молекул.



Фотография кометы Хейла-Боппа

## Эволюция звезд

Эволюция звезды зависит от ее массы и размеров. Обычно масса звезды сравнивается с массой Солнца (масса Солнца  $\cong 2 \cdot 10^{30}$  кг).

1. Внутри звезды происходят термоядерные реакции, радиоактивные элементы постепенно расходятся в этих реакциях. Газы, которые образуются при ядерных реакциях, раздувают оболочку звезды. Температура оболочки звезды уменьшается, и она приобретает красный цвет (Красный гигант).

По мере увеличения оболочки Красный гигант может превратиться в планетарную туманность, в центре которой находится небольшая звезда (Белый карлик) с излучением белого света.

Далее оболочка отделяется от звезды и образуется туманность.

Если туманность поглотит другую звезду или туманность и ее масса окажется равной массе Солнца, то цикл повторится.

2. Если туманность поглотит за счет притяжения другой объект и ее масса будет больше массы Солнца, то образуется Красный сверхгигант.

В результате взрыва Красного сверхгиганта возникает сверхновая звезда.

Из сверхновой звезды, в зависимости от ее массы, может образоваться либо черная дыра, либо нейтронная звезда (если масса звезды больше  $2,5 M_{\odot}$ ,  $M_{\odot}$  – масса Солнца).

**Аккреция** (приращение, увеличение) – процесс падения вещества на космическое тело из окружающего пространства.

**Аккреционный диск** – диск из вращающегося вокруг звезды вещества, которое оседает на поверхности светила.

В случае излучающих тел (звезд) аккреция газа возможна только при условии, что светимость тела не превышает критическую светимость, то есть гравитационные силы превышают давление излучения тяготеющего тела.

## Проблемы космологии

1) *Проблема сингулярности* (греч. «сингулярис» – отдельный, особый).

Сингулярность – особая область пространства, размеры которой составляют  $10^{-35}$  м (Планковская длина –  $10^{-35}$  м), кроме того, так называется состояние Вселенной через  $10^{-43}$  с после Большого взрыва, когда материя имела бесконечно большую плотность и температуру.

Сравните размеры: атома –  $10^{-8} \div 10^{-10}$  м; ядра –  $10^{-14} \div 10^{-15}$  м; электрона –  $10^{-17}$  м.

Видимый радиус Вселенной –  $10^{29}$  м.

Особенностью этой области является то, что в ней возможно одновременное действие гравитационных и квантовых эффектов, как на начальной стадии развития Вселенной, когда вещество было сжато до плотности  $10^{96}$  кг/м<sup>3</sup>, такое действие было также возможно.

В этом пространстве возможны такие эффекты, которые в земных условиях нельзя осуществить.

Например, предполагают, что в этом пространстве есть тахионы, которые движутся со скоростью большей, чем скорость света в вакууме.

Изучение одновременного действия гравитационных и квантовых эффектов является очень важным для науки – для создания теории возникновения Вселенной; для изучения явлений (теоретического плана), которые на Земле невозможно осуществить.

2) *Определение массы во Вселенной.*

Массу Вселенной очень трудно определить, так как в ней много пыли, газа, неизвестных объектов, имеются нейтрино ( ${}^0_0\nu_e$ ) в большом количестве.

Нейтрино не имеет массы покоя, и следовательно не должна изменить массу Вселенной. Но по другим предположениям, масса нейтрино приблизительно составляет  $0,001m_e$  (массы электрона).

Если нейтрино имеет массу, то масса Вселенной сразу возрастает вдвое.

### 3) *Проблема темной материи и темной энергии.*

Во Вселенной много мест, о которых ученым ничего неизвестно (темная материя, темная энергия).

**Темная энергия** – гораздо более странная субстанция, чем темная материя. Начать с того, что она не собирается в сгустки, а равномерно «разлита» во Вселенной. В галактиках и скоплениях галактик её столько же, сколько вне их. Самое необычное то, что темная энергия в определенном смысле испытывает **антигравитацию**. Мы уже говорили, что современными астрономическими методами можно не только измерить нынешний темп расширения Вселенной, но и определить, как он изменялся со временем. Так вот, астрономические наблюдения<sup>6</sup> свидетельствуют о том, что сегодня (и в недалеком прошлом) Вселенная расширяется с ускорением: темп расширения растет со временем. В этом смысле и можно говорить об антигравитации: обычное гравитационное притяжение замедляло бы разбегание галактик, а в нашей Вселенной, получается, все наоборот. Антигравитация, если будет доказано ее существования, то сила гравитационного взаимодействия будет симметричной, как и сила Кулона.

Такая картина, вообще говоря, не противоречит общей теории относительности, однако для этого темная энергия должна обладать специальным свойством – отрицательным давлением. Это резко отличает её от обычных форм материи. Не будет преувеличением сказать, что **природа темной энергии – это главная загадка фундаментальной физики XXI века.**

Один из кандидатов на роль темной энергии – вакуум. Плотность энергии и вакуума не изменяется при расширении Вселенной, а это и означает отрицательное давление вакуума. Другой кандидат – новое сверхслабое поле, пронизывающее всю Вселенную; для него употребляют термин «квинтэссенция». Есть и другие кандидаты, но в любом случае темная энергия представляет собой что-то совершенно необычное.

Другой путь объяснения ускоренного расширения Вселенной состоит в том, чтобы предположить, что сами законы гравитации видоизменяются на космологических расстояниях и космологических временах. Такая гипотеза далеко не безобидна: попытки обобщения общей теории относительности в этом направлении сталкиваются с серьезными трудностями.

По-видимому, если такое обобщение вообще возможно, то оно будет связано с представлением о существовании дополнительных размерностей

пространства, помимо тех трех измерений, которые мы воспринимаем в повседневном опыте.

К сожалению, сейчас не видно путей прямого экспериментального исследования темной энергии в земных условиях. Это, конечно, не означает, что в будущем не может появиться новых блестящих идей в этом направлении, но сегодня надежды на прояснение природы темной энергии (или, более широко, причины ускоренного расширения Вселенной) связаны исключительно с астрономическими наблюдениями и с получением новых, более точных космологических данных. Нам предстоит узнать в деталях, как именно расширялась Вселенная на относительно позднем этапе её эволюции, и это, надо надеяться, позволит сделать выбор между различными гипотезами.

**Темная материя** похожа на обычное вещество в том смысле, что она способна собираться в сгустки (размером, скажем, с галактику или скопление галактик) и участвует в гравитационных взаимодействиях так же, как обычное вещество. Скорее всего, она состоит из новых, не открытых еще в земных условиях частиц.

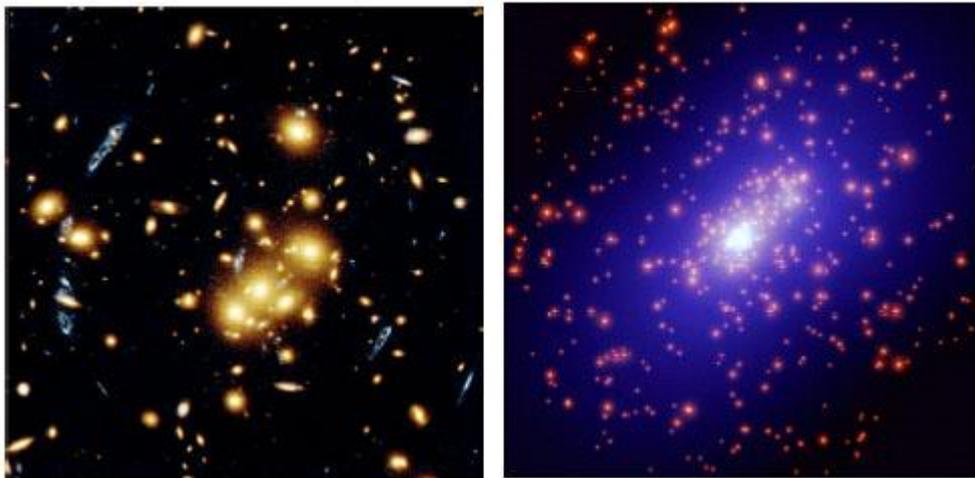
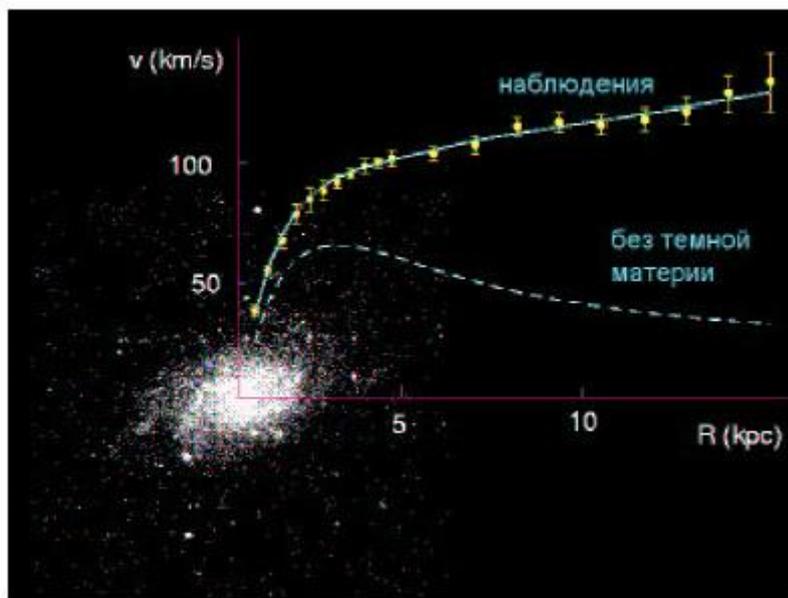


Рис. Гравитационное линзирование

Помимо космологических данных, в пользу существования темной материи служат измерения гравитационного поля в скоплениях галактик и в галактиках. Имеется несколько способов измерения гравитационного поля в скоплениях галактик, один из которых – гравитационное линзирование, проиллюстрированное на рисунке.

Гравитационное поле скопления искривляет лучи света, испущенные галактикой, находящейся за скоплением, т.е. гравитационное поле действует как линза. При этом иногда появляются несколько образов этой удаленной галактики; на левой половине рис. 6 они имеют голубой цвет. Искривление света зависит от распределения массы в скоплении, незави-

симо от того, какие частицы эту массу создают. Восстановленное таким образом распределение массы показано на правой половине рисунка голубым цветом; видно, что оно сильно отличается от распределения светящегося вещества. Измеренные подобным образом массы скоплений галактик согласуются с тем, что темная материя вкладывает около 25 % в полную плотность энергии во Вселенной. Напомним, что это же число получается из сравнения теории образования структур (галактик, скоплений) с наблюдениями.



Темная материя имеется и в галактиках. Это опять-таки следует из измерений гравитационного поля, теперь уже в галактиках и их окрестностях. Чем сильнее гравитационное поле, тем быстрее вращаются вокруг галактики звезды и облака газа, так что измерения скоростей вращения в зависимости от расстояния до центра галактики позволяют восстановить распределение массы в ней. Это проиллюстрировано на рисунке: по мере удаления от центра галактики скорости обращения не уменьшаются, что говорит о том, что в галактике, в том числе вдалеке от её светящейся части, имеется несветящаяся, темная материя. В нашей Галактике в окрестности Солнца масса темной материи примерно равна массе обычного вещества.

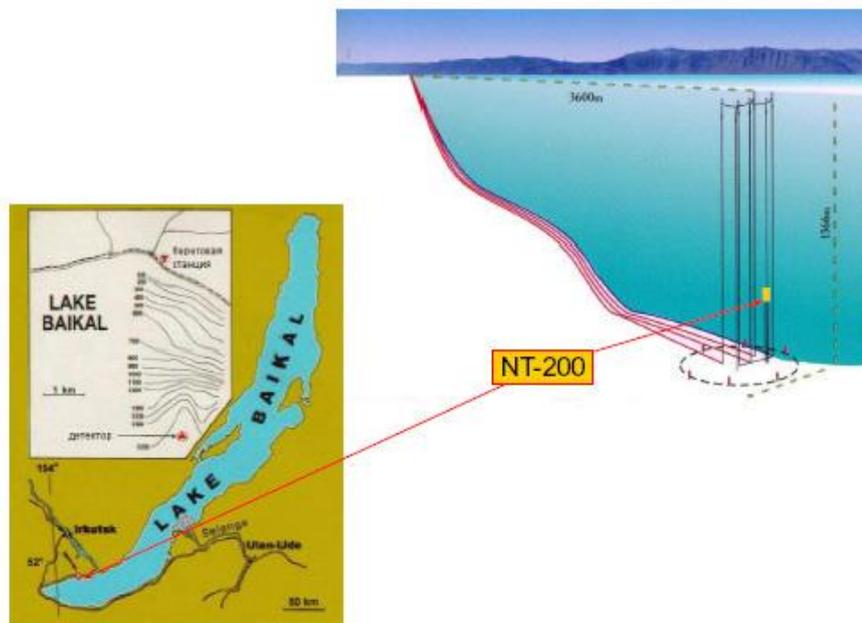
Что представляют из себя частицы темной материи? Ясно, что эти частицы не должны распадаться на другие, более легкие частицы, иначе бы они распались за время существования Вселенной. Сам этот факт свидетельствует о том, что в природе действует **новый**, не открытый пока **закон сохранения**, запрещающий этим частицам распадаться. Аналогия здесь с законом сохранения электрического заряда: электрон – это легчайшая частица с электрическим зарядом, и именно поэтому он не распадается на более легкие частицы (например, нейтрино и фотоны). Далее, частицы

темной материи чрезвычайно слабо взаимодействуют с нашим веществом, иначе они были бы уже обнаружены в земных экспериментах. Дальше начинается область гипотез. Наиболее правдоподобной (но далеко не единственной!) представляется гипотеза о том, что частицы темной материи в 100–1000 раз тяжелее протона, и что их взаимодействие с обычным веществом по интенсивности сравнимо с взаимодействием нейтрино. Именно в рамках этой гипотезы современная плотность темной материи находит простое объяснение: частицы темной материи интенсивно рождались и аннигилировали в очень ранней Вселенной при сверхвысоких температурах (порядка  $10^{15}$  градусов), и часть их дожила до наших дней. При указанных параметрах этих частиц их современное количество во Вселенной получается как раз такое, какое нужно.

Можно ли ожидать открытия частиц темной материи в недалеком будущем в земных условиях? Поскольку мы сегодня не знаем природу этих частиц, ответить на этот вопрос вполне однозначно нельзя. Тем не менее, перспектива представляется весьма оптимистической.

Имеется несколько путей поиска частиц темной материи. Один из них связан с экспериментами на будущих ускорителях высокой энергии – коллайдерах. Если частицы темной материи действительно тяжелее протона в 100 – 1000 раз, то они будут рождаться в столкновениях обычных частиц, разогнанных на коллайдерах до высоких энергий (энергий, достигнутых на существующих коллайдерах, для этого не хватает). Ближайшие перспективы здесь связаны с Большим адронным коллайдером (LHC), на котором будут получены встречные пучки протонов с энергией 7x7 Тераэлектронвольт. Нужно сказать, что согласно популярным сегодня гипотезам, частицы темной материи – это лишь один представитель нового семейства элементарных частиц, так что наряду с открытием частиц темной материи можно надеяться на обнаружение на ускорителях целого класса новых частиц и новых взаимодействий. Космология подсказывает, что известными сегодня «кирпичиками» мир элементарных частиц далеко не исчерпывается!

Другой путь состоит в регистрации частиц темной материи, которые летают вокруг нас. Их отнюдь не мало: при массе, равной 1000 масс протона, этих частиц здесь и сейчас должно быть 1000 штук в кубическом метре. Проблема в том, что они крайне слабо взаимодействуют с обычными частицами, вещество для них прозрачно. Тем не менее, частицы темной материи изредка сталкиваются с атомными ядрами, и эти столкновения можно надеяться зарегистрировать. Поиск в этом направлении ведется с помощью целого ряда высокочувствительных детекторов, помещенных глубоко под землей, где резко снижен фон от космических лучей.



Наконец, еще один путь связан с регистрацией продуктов аннигиляции частиц темной материи между собой. Эти частицы должны скапливаться в центре Земли и в центре Солнца (вещество для них практически прозрачно, и они способны проваливаться внутрь Земли или Солнца). Там они аннигилируют друг с другом, и при этом образуются другие частицы, в том числе нейтрино. Эти нейтрино свободно проходят сквозь толщу Земли или Солнца, и могут быть зарегистрированы специальными установками – нейтринными телескопами. Один из таких нейтринных телескопов расположен в глубине озера Байкал (NT-200), другой (AMANDA) – глубоко во льду на Южном полюсе.

Поскольку неизвестна масса вещества во Вселенной, то неизвестна и плотность вещества в ней. В то же время будущее Вселенной находится в зависимости от плотности вещества во Вселенной. Если  $(G\rho - H^2) < 0$ , то она будет бесконечно расширяться, если  $(G\rho - H^2) > 0$ , то сжиматься.

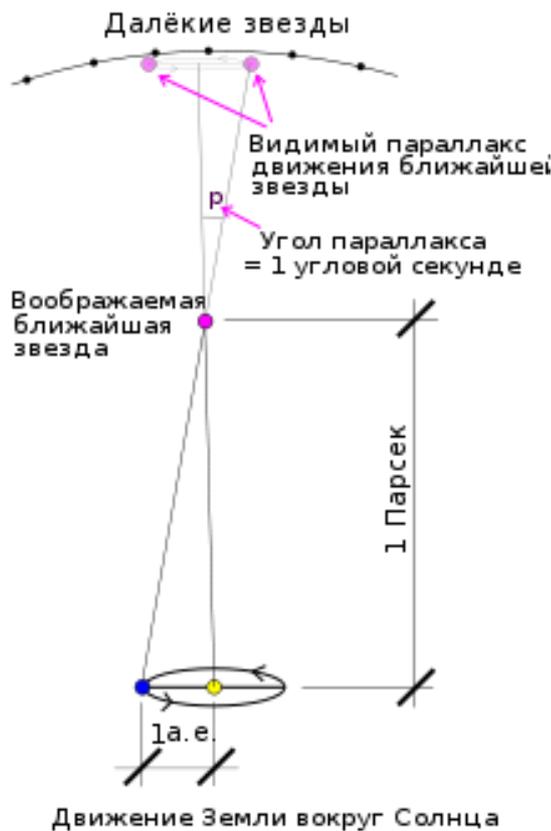
Если Вселенная бесконечно расширяется, то она будет считаться открытой системой; если сжимается, то Вселенную необходимо отнести к закрытой системе.

Теория закрытых и открытых систем и поведение в них элементов рассматриваются в самом сложном и современном разделе физики – нелинейной неравновесной термодинамике.

## Астрономические единицы для измерения расстояния между Галактиками

Используются парсек и параллакс.

**Парсек** (русское сокращение: пк; международное сокращение: pc) – распространенная в астрономии внесистемная единица измерения расстояния. Название происходит от параллакс угловой секунды и обозначает расстояние до объекта, годичный тригонометрический параллакс которого равен одной угловой секунде.



Согласно другому эквивалентному определению, парсек — это такое расстояние, с которого *средний радиус земной орбиты* (равный 1 астрономической единице (а.е.)), перпендикулярный лучу зрения, виден под углом в одну угловую секунду (1").

$$1 \text{ пк} = \frac{360 \cdot 60 \cdot 60}{2\pi} \text{ а. е.} \approx 206\,265 \text{ а. е.} = 3,08568 \times 10^{16} \text{ м} = \\ = 3,2616 \text{ световых лет.}$$

Используются также кратные единицы: килопарсек, мегапарсек, гигапарсек.

### Некоторые расстояния в парсеках

- 1 астрономическая единица (а. е.) составляет  $4,85 \times 10^{-6}$  парсека;
- По состоянию на 7 марта 2011, космический аппарат «Вояджер-1» находился на расстоянии 0,000564 пк (17,4 млрд км, или 116 а. е.) от Солнца, удаляясь со скоростью 17,5 микропарсек в год (3,6 а. е./год);
  - Диаметр облака Оорта около 0,62 пк;
  - Расстояние от Солнца до ближайшей звезды (Проксима Центавра) составляет примерно 1,3 парсека;
  - Расстояние от Солнца до центра нашей Галактики – около 8 кпк;
  - Диаметр нашей Галактики приблизительно 30 кпк;
  - Расстояние до туманности Андромеды 0,77 Мпк;
  - Ближайшее крупное скопление галактик, скопление Девы, находится на расстоянии 18 Мпк;
  - До горизонта наблюдаемой Вселенной – около 4 Гпк (если измерять расстояние, пройденное регистрируемым на Земле светом) или около 24 Гпк (если оценивать современное – с учетом расширения Вселенной – расстояние до тех объектов, которые это излучение испустили).

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какие виды законов Вы знаете? К какому виду законов Вы отнесете закон Ома, законы сохранения?
2. Какие этапы развития Вселенной Вам известны?
3. В каком из этих этапов плотность материи превышает плотность излучения?
4. В какую эпоху развития Вселенной плотность материи превышает ядерную?
5. К каким видам законов Вы отнесете законы диалектики?
6. Перечислите свойства пространства–времени. Какое свойство пространства–времени зависит от гравитационного поля?
7. Как проявляются симметрия и асимметрия в живой и неживой природе?
8. В чем заключается эффект Доплера? О чем он свидетельствует?
9. Какие объекты Вселенной Вам известны?
10. От чего зависит эволюция звезд?
11. Перечислите проблемы космологии.

## Глава 3. ОТКРЫТЫЕ СИСТЕМЫ. СИНЕРГЕТИКА КАК НОВОЕ НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ

### 3.1. Элементы нелинейной неравновесной термодинамики

В этом разделе физики рассматриваются в основном открытые системы.

Открытая система обменивается с окружающей средой энергией, массой, информацией.

Термодинамическая система – емкость с идеальным газом. Такая система характеризуется макро- и микропараметрами.

Макропараметры характеризуют систему в целом; нельзя отнести к отдельному элементу давление ( $P$ ), и температуру ( $T$ ).

Микропараметры характеризуют отдельные элементы системы (например  $m_0$  – масса;  $v_i$  – скорость;  $E_i$  – энергия отдельных молекул).

Система может находиться в равновесном или неравновесном состояниях.

Равновесное состояние – состояние системы, когда все макропараметры во всех точках одинаковы. При этом состоянии ее элементы находятся в непрерывном хаотическом движении.

Неравновесное состояние – состояние, когда в одной или нескольких областях системы макропараметры отличаются от макропараметров других областей. При этом в неравновесной системе возможно возникновение направленного кооперативного действия множества элементов системы.

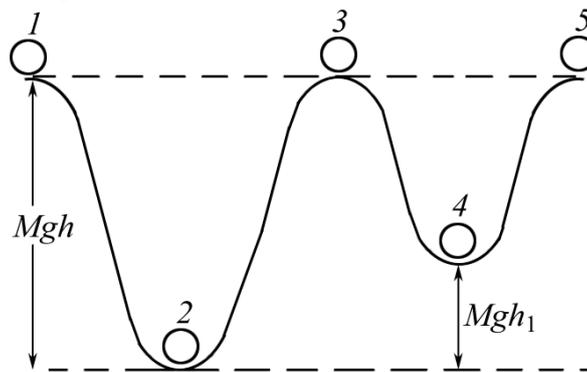


Рис. 28. 1, 3, 5 – неустойчивые положения; 2, 4 – устойчивые положения

Состояние системы называется стационарным, если ее параметры не изменяются с течением времени.

Равновесие называется устойчивым, если при небольшом отклонении системы от положения равновесия, возникают силы, возвращающие систему в равновесное положение.

Равновесие называется неустойчивым, если при отклонении системы от этого состояния возникают силы, увеличивающие это отклонение.

Устойчивое положение равновесия соответствует минимуму потенциальной энергии.

**Всеобщий принцип для всех систем:** всякая система стремится к минимуму потенциальной энергии (устойчивое состояние равновесия).

Переход системы из положения с параметрами  $P_1, V_1, T_1$  в состояние с параметрами  $P_2, V_2, T_2$  называется процессом, который может быть равновесным и неравновесным.

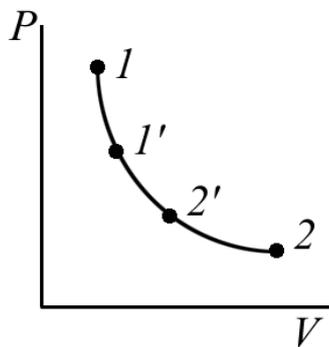


Рис. 29. Изотермический процесс

*Равновесным* называется процесс, в результате которого система переходит в новое состояние через ряд последовательных равновесных состояний.

В природе медленно протекающие процессы могут рассматриваться как равновесные.

Все равновесные процессы являются *обратимыми*.

При обратимом процессе термодинамическая система возвращается в исходное состояние так, что в окружающей ее среде не остается никаких изменений.

Круговой процесс (ряд процессов), в результате которого система возвращается в исходное состояние называется *циклом*.

Как цикл, так и процесс может быть прямым и обратным.

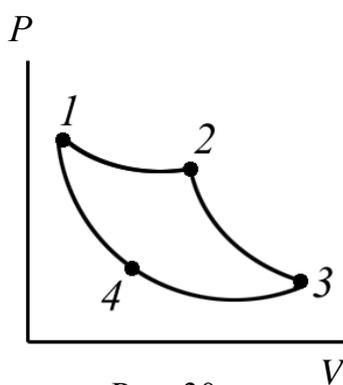


Рис. 30

**Цикл Карно (обратимый цикл):**

Если процесс протекает по часовой стрелке (1, 2, 3, 4), то цикл – прямой, если против (4, 3, 2, 1) – обратный, который состоит из тех же процессов, протекающих в обратном порядке (рис. 30).

Отличие обратимого и обратного циклов состоит в том, что при обратном цикле не накладывается запрет на изменения в окружающей среде.

К обратимым процессам могут быть отнесены (с некоторым приближением) все механические явления, которые протекают с очень малым трением (колебания маятника, подпрыгивание упругого мяча и т.д.).

Силы трения, которые переводят механическую энергию в другие виды (тепловую) или рассеивают, называются **диссипативными**.

Силы, которые не рассеивают механическую энергию, называются **консервативными**. К ним относятся: силы тяготения; силы упругости (возникают при деформации тел); сила Кулона (сила взаимодействия неподвижных зарядов – частный случай электромагнитного взаимодействия).

Примерами необратимых процессов являются процессы переноса – в них возникают элементы самоорганизации – направленного кооперативного действия множества элементов системы.

### **Процессы переноса (необратимые):**

1. *Диффузия* – перенос массы или концентрации вещества. Возникает, если в одной области системы большее давление или концентрация, чем в другой. Перенос происходит из мест более высокого давления или концентрации в места менее высокого давления или концентрации.

2. *Внутреннее трение* – перенос импульса. Возникает при движении двух соприкасающихся слоев жидкости или газа с разными скоростями. При этом слой жидкости или газа, который движется с большей скоростью – тормозится, а с меньшей скоростью – ускоряется. Между слоями жидкости возникает трение.

3. *Теплопроводность* – перенос тепла или энергии. Возникает при разных температурах в разных областях системы.

### **Характеристики всех трех видов переноса:**

- возникают при неравновесном состоянии системы;
- наряду с хаотическим движением существует направленное движение множества элементов системы;
- все процессы переноса заканчиваются, если система переходит в равновесное состояние. Следовательно, процессы переноса переводят систему в равновесное состояние;
- все процессы переноса являются необратимыми.

**Выводы.** Если закрытая система предоставлена самой себе, то она обязательно придет в равновесное состояние благодаря явлениям переноса и будет оставаться в таком положении до тех пор, пока внешняя среда не выведет эту систему из положения равновесия. Поэтому состояние равновесия является наиболее вероятным состоянием системы неживой природы. (Закрытая система всегда придет в состояние равновесия).

Состояние равновесия является *симметричным*. Этому состоянию соответствует беспорядок.

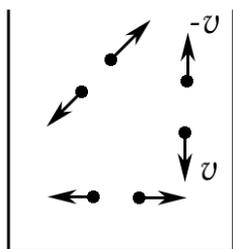


Рис. 31. Состояние равновесия, беспорядок, симметричное состояние

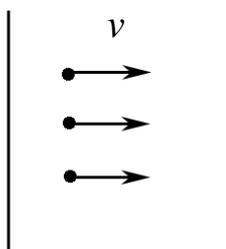


Рис. 32. Направленное движение молекул, порядок, асимметричное состояние

При возникновении направленного движения молекул возникает упорядоченное состояние.

Тому и другому состоянию соответствует величина, которая его характеризует.

Беспорядок характеризуется **энтропией** ( $S$ ) – характеристика беспорядка. Понятие энтропии ввел Клаузиус в 1854 году.

Характеристика порядка – **негэнтропия** (введена Э. Шредингером).

Если энтропия возросла, то в такой системе увеличился беспорядок. И наоборот.

В обществе, где увеличивается порядок, энтропия должна убывать, а негэнтропия расти.

Все рассматриваемые проекты и системы теоретически должны быть проверены на изменение энтропии.

### 3.2. Второе начало термодинамики

*Формулировка II начала.* Энтропия закрытой системы не может убывать (запрет на убывание энтропии в закрытой системе). В обратимых процессах она (энтропия) остается постоянной, в необратимых – растет.

$S_1$  – начальное значение энтропии при протекании какого-либо процесса в системе;  $S_2$  – конечное.

$\Delta S = S_2 - S_1$  – изменение энтропии.

$\Delta S \geq 0$  (в закрытой системе изменение энтропии не может быть меньше 0).

Из II начала термодинамики следует принцип возрастания энтропии, который заключается в следующем. В природе практически нет строго об-

ратимых процессов, только с некоторым приближением отдельные из них можно отнести к обратимым. **Поэтому в закрытой системе энтропия может только возрастать.**

Отсюда название II начала термодинамики – *принцип возрастания энтропии*. Закрытые системы – понятие больше теоретическое, чем реально существующее, поэтому понятие энтропии следует применять с большой осторожностью.

В открытой системе запрет на убывание энтропии снимается. Следовательно, в человеческом обществе в социальных системах энтропия может и убывать, и возрастать.

Процессы, которые идут с понижением энтропии:

- 1) развитие цивилизации;
- 2) развитие науки и техники;
- 3) эволюционное развитие живых организмов.

### **Статистический вероятностный смысл II начала и энтропии**

Основателем статистики является Людвиг Больцман. Задолго до открытия атома Л. Больцман (1844–1906) строил свою теорию термодинамических систем на основании атомарного и молекулярного строения вещества. Современники Больцмана (Клаузиус, Карно, Кельвин, Джоуль) строили теорию термодинамической системы, рассматривая ее в целом и характеризуя ее макропараметрами:  $P$ ,  $V$ ,  $T$  (давление, объем, температура).

Представления Больцмана не находили поддержки у его современников. Его теорию они считали абсурдной и недостойной внимания.

Их не интересовало, каким образом данное макросостояние возникает из множества микросостояний, которые характеризуются массой отдельных молекул или атомов ( $m_0$ ), скоростью ( $v_i$ ), энергией ( $E_i$ ) и т.д.

Количество микросостояний в системе огромно, т.к. огромно число молекул. Но оно не равно числу молекул в системе.

Больцман ввел величину, которая характеризует число микросостояний в системе – термодинамическую вероятность ( $W$ ), которая характеризует данное макросостояние.



Фото 1. Надгробие Больцмана на центральном кладбище Вены; на нем выгравировано соотношение Больцмана  $S = k \cdot \log W$ . Работа Дитера Фламма

Обычная вероятность ( $\omega$ ) отличается по величине от термодинамической вероятности ( $W$ ).

$$\text{Вероятность } \omega = \frac{\text{число событий, благоприятствующих данному}}{\text{общее число событий}}.$$

Пределы изменения вероятности  $\omega$ :  $0 \leq \omega \leq 1$ .

Термодинамическая вероятность показывает, какое число микросостояний в данной системе является наиболее вероятным.

Термодинамическая вероятность может принимать большие значения.

Используя понятие термодинамической вероятности и энтропии, Больцман записал II начало термодинамики в следующем виде:

$$S = k \log W,$$

где  $S$  – энтропия;  $k$  – постоянная Больцмана ( $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К).

Таким образом, Больцман связал энтропию и термодинамическую вероятность.

Если система идет к равновесному состоянию, то ее термодинамическая вероятность будет расти, энтропия также будет расти. Следовательно, энтропия имеет также вероятностный статистический смысл, как и термодинамическая вероятность.

Этот же закон в такой записи обосновывает наибольшую вероятность равновесного состояния системы.

Учитывая вышесказанное, можно сформулировать II начало. *Эволюция закрытой системы осуществляется в направлении наиболее вероятного перераспределения энергии по отдельным подсистемам.*

На основании этого возникла драматическая формулировка II начала термодинамики, принадлежащая Клаузиусу: «Энтропия Вселенной возрастает». Из этого утверждения следует, что Вселенная движется к «тепловой смерти».

Все виды энергии во Вселенной в конце концов перейдут в энергию теплового движения, равномерно распределенную по веществу. Все макроскопические процессы, определяющиеся переносом энергии, массы, заряда, прекратятся.

Действительно, при таком «сценарии» развития Солнце, и звезды в какой-то момент израсходуют запасы свободной энергии, излучив их во всех направлениях. Ярко светящиеся звезды погаснут. Все существующие в природе перепады температур выравняются, и все тела приобретут некоторую одинаковую среднюю температуру. При этом, в соответствии с законом сохранения энергии, полная энергия Вселенной сохранится. Но исчезнет вся жизнь, ни одна машина не сможет прийти в движение.

Столь мрачная картина «тепловой смерти» основана на предположении, что второе начало термодинамики применимо без ограничений, абсолютно во всех областях физики, во всех точках пространства, во все моменты времени.

Какие возражения могут быть сформулированы против этой гипотезы?

Во-первых, второе начало термодинамики (или закон возрастания энтропии) получено обобщением данных наблюдений и опытов, относящихся к ограниченным (пусть и очень большим) системам. Распространение же этого начала на всю Вселенную есть очень глубокая экстраполяция, для которой нет достаточных оснований.

Во-вторых, Вселенная не является изолированной (замкнутой, закрытой) системой. По современным представлениям она неоднородна, нестационарна.

В-третьих, за счет существующих взаимодействий, в первую очередь – гравитационных, роль в эволюции отдельных областей Вселенной играют флуктуации, случайности, никак не учтенные термодинамикой начала XX века.

Гипотеза «тепловой смерти» не согласуется с наблюдениями над Вселенной в ее современном состоянии, а также с выводами, которые можно сделать из известного нам прошлого Вселенной. Наблюдается непрерывный рост разнообразия, эволюция в направлении возникновения более сложных форм. Основные причины формирования звезд, галактик, планет – флуктуации плотности и гравитационное взаимодействие.

### 3.3. Понятие о синергетике

В середине XX века появилось новое направление, на основе которого в конце XX века возникло научное направление под общим названием «синергетика».

«Синергос» греч. – направленный, кооперативный.

Впервые термин «синергетика» ввел Хакен. В 70-х гг. Хакен опубликовал монографию, которая называлась «Синергетика». В 1980 г. эта монография была переведена на русский язык.

Помимо Хакена, такие же явления рассматривали Эйген, Пригожин, Гленсдорф, Николис.

В синергетике рассматриваются системы, в которых:

- уравнения, связывающие параметры, являются нелинейными;
- параметры принимают критические значения внезапно и спонтанно (самопроизвольно, скачкообразно);
- состояние системы является далеким от равновесия – система должна быть открытой.

В таких системах возможно возникновение спонтанного или самопроизвольного порядка из беспорядка (хаоса).

Спонтанное возникновение порядка из хаоса при определенных условиях в вышеуказанных системах Хакен назвал *синергетикой*, или *са-*

моорганизацией, а сами системы Пригожин назвал *диссипативными структурами* (греч. «диссипация» – рассеяние).

Другая характеристика самоорганизованной структуры – направленное кооперативное действие множества элементов системы, возникающее при определенных условиях в вышеуказанных системах.

Явление синергетики широко распространено в живой и неживой природе, оно проявляется начиная с атома, заканчивая Вселенной. В живой природе все процессы являются самоорганизованными, можно сказать, что жизнь – циклически повторяющийся самоорганизованный процесс.

Элементы самоорганизации проявляются в явлениях переноса.

Всякий асимметричный процесс является самоорганизованным.

### **Нарушение симметрии как источник самоорганизации**

Взаимосвязь симметрии и асимметрии рассматривается современной наукой в различных аспектах, охватывающих саморазвитие материи на всех ее структурных уровнях. Так современное синергетическое видение эволюции Вселенной основано на идее о т.н. спонтанном нарушении симметрии исходного вакуума. Под исходным вакуумом понимают состояние материи до Большого Взрыва, когда вся материя была представлена физическим вакуумом. В настоящее время считается, что истинный физический вакуум – это состояние материи с наименьшей энергией. Идея спонтанного нарушения симметрии исходного вакуума означает отход от общепринятого представления о вакууме как о состоянии, в котором значение энергии всех физических полей равно нулю. Здесь признается возможность существования состояний с наименьшей энергией при отличном от нуля значении некоторых физических полей и возникает представление о существовании вакуумных конденсатов – состояний с отличным от нуля средним значением энергии. Спонтанное нарушение симметрии означает, что при определенных макроусловиях фундаментальные симметрии оказываются в состоянии неустойчивости, а платой за устойчивое состояние является асимметричность вакуума. (Для такого вакуума введен термин «ложный вакуум»).

Новые стационарные состояния диссипативных структур разделяются на три типа:

- 1) пространственные структуры – структуры, которые возникают и развиваются в пространстве;
- 2) временные – развиваются во времени;
- 3) пространственно-временные – развиваются и в пространстве, и во времени.

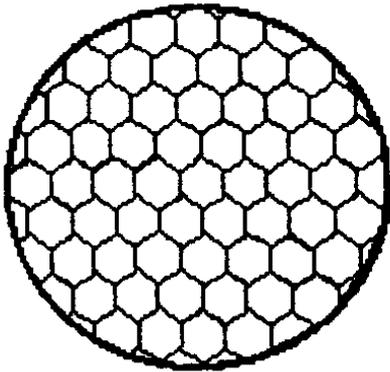
### Условия возникновения новых стационарных состояний в диссипативных структурах:

1. Система должна быть открытой.
2. Динамические уравнения параметров должны быть нелинейными.
3. Отклонение от положения равновесия должно быть значительным, а параметры должны принимать критические значения.
4. Микроскопические процессы протекают кооперативно или согласованно.

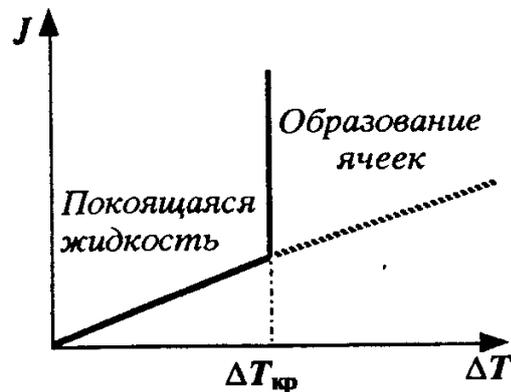
Рассмотрим пример возникновения пространственной структуры под названием «ячейки Бенара».

Ячейки Бенара возникают при критической разности температур, возникающей между верхним и нижним слоями жидкости при ее нагревании (жидкость находится в кювете).

Пока разность температур не достигла критического значения, тепло распространяется путем теплопроводности, поверхность жидкости неподвижна.



33. Правильные шестиугольные ячейки на поверхности жидкости (ячейки Бенара)



34. Зависимость полного теплового потока  $J$  в единицу времени от разности температур

По мере приближения к критическому значению разности температур возникает конвекция (круговорот), и на поверхности жидкости появляются шестиугольные ячейки. Внутри ячейки жидкость движется вверх, а по краям ячейки – вниз.

Появление ячеек является самоорганизованным.

Примером временной структуры является реакция Белоусова–Жаботинского.

Реакция Белоусова–Жаботинского наблюдается в реакционной смеси, состоящей из бромата калия (KBr), броммалоновой кислоты, сульфата церия (Ce).

Смесь нужно растворить либо в лимонной, либо в серной кислоте. Окраска раствора через 4 мин изменяется с синего на красный (и наоборот). Это происходит в связи с восстановлением ионов церия:



Чередование окраски раствора является самоорганизованным, развивающимся во времени.

*Пример пространственно-временной структуры*

Гликолитический цикл – усвоение сахара живым организмом.

### **3.4. Трансформация идей и понятий естествознания в другие науки**

Достижения естественных наук способствовали распространению идей и понятий этих наук в другие области знаний, в том числе гуманитарного направления (экономику, психологию, социологию и т.д.).

К числу таких понятий относятся: энтропия, явление самоорганизации (синергетика), обратимые и необратимые процессы, обратные связи, циклы (круговые процессы), волнообразные изменения, эволюционные процессы.

#### **Словарь терминов**

*Конъюнктура* (пер. с англ. связываю, соединяю) – сложившаяся обстановка в какой-либо области. Например, экономическая конъюнктура – конкретное условие воспроизводства какого-либо продукта.

В основе изменения конъюнктуры лежат стихийные факторы. Например, движение цен, ценных бумаг, размеров производства и т.д.

*Эволюция* (развитие) – представление о медленном, постепенном изменении обязательного прогрессивного характера.

Обратные связи (понятие возникло в биологии).

*Обратная связь* – воздействие результатов какого-либо процесса на его протекание.

Существует два вида обратной связи: положительная (ПОС) и отрицательная (ООС).

Если интенсивность процесса под действием обратной связи возрастает, то такая связь называется **положительной**. ПОС может привести к

тому, что отклонение от положения равновесия в системе будет возрастать, что в конечном счете приведет к неустойчивому состоянию и выведет систему из данного положения равновесия.

Если интенсивность процесса под действием обратной связи уменьшается, то обратная связь – **отрицательная**. ООС регулирует состояние системы и, в отличие от ПОС, возвращает ее в равновесное состояние. Пример применения ООС – это автопилот.

Примером действия ПОС И ООС является гомеостаз.

*Гомеостатирование* – поддерживание постоянными параметров живого организма.

Широкое применение ООС в разнообразных автоматических системах навело Н. Винера на мысль, что ООС является универсальным методом управления в различных системах – и технических, и биологических, и социальных. Будучи первоклассным математиком и обладая обширными знаниями в области физики, техники, физиологии, социологии, Н. Винер объединил разрозненные наблюдения и концепции в единую теорию о процессах управления в машинах и живых организмах. В 1948 году он опубликовал фундаментальную книгу «Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине». Это послужило основой оформления кибернетики как самостоятельной науки. Идеи Винера о сущности информации и энтропии, их роли в организованных системах, привели к созданию теории информации.

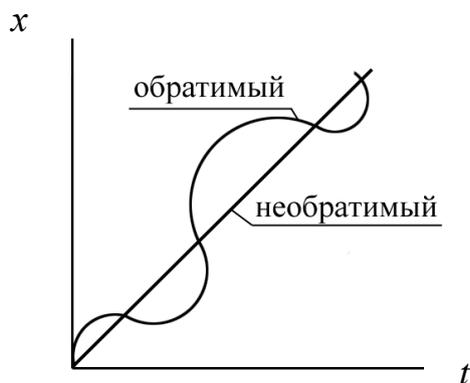


Рис. 35

### Циклы Кондратьева

Кондратьев применил понятие циклов или волнообразных процессов в экономике, где он рассматривает обратимые и необратимые процессы, давая им свое определение, несколько отличающееся от определений этих понятий в

термодинамике.

Обратимыми процессами в экономике Кондратьев назвал такие процессы, которые могут изменять свое направление, носят волнообразный или циклический характер (рис. 35).

Необратимые процессы – такие процессы, направление которых не изменяется.

Кондратьев рассматривал 3 вида волнообразных процессов:

- 1) коротковолновые (7 ÷ 11 лет) – период колебания;

- 2) средневолновые (20 ÷ 25 лет);
- 3) длинноволновые (50 ÷ 60 лет), например мировой кризис 1938–1998 гг.

К обратимым процессам Кондратьев относит движение цен, изменение заработной платы, изменение процентов капитала. К необратимым – численность населения, запасы капитала, размеры производства, уровень техники и технологии.

### **Самоорганизация в экономике**

Наиболее четко явление самоорганизации проявляется в рыночном хозяйстве, а именно в возникновении спонтанного динамического порядка из полного хаоса.

Динамический порядок проявляется в установлении равновесия между спросом и предложением и в смене одного порядка другим.

Спонтанный порядок устанавливается в результате взаимодействия покупателей и продавцов. Он является сознательным и целенаправленным. При этом на индивидуальном уровне эти действия накладываются, и уже над индивидуальным уровнем это приводит к результатам, которые не предсказывались индивидуальным уровнем, а иногда и противоречат их целям и интересам.

Это означает, что динамический порядок на рынке является спонтанным, а не заранее спланированным и организованным, как со стороны участников рынка, так и со стороны государства.

Это является главным признаком того, что порядок на рынке есть самоорганизованный процесс. На это обратил внимание еще Адам Смит (1723–1790). Он говорил, что рынок регулируется невидимой рукой.

В труде «Исследование о природе и причинах богатства народов» (1776 г.) Адам Смит писал: «Каждый отдельный человек старается употреблять свой капитал так, чтобы продукт его обладал наибольшей стоимостью. Обычно он не имеет в виду содействовать общественной пользе, и не сознает, насколько он содействует ей. Он имеет в виду лишь свой собственный интерес, преследует лишь собственную выгоду, причем в этом случае он невидимой рукой направляется к цели, которая совсем и не входила в его намерение. Преследуя свои собственные интересы, он часто более действенным образом служит интересам общества, чем тогда, когда сознательно стремится служить им».

Работая над лекциями по экономике, А.Смит тщательно изучал жизнь и научную деятельность И. Ньютона. Наблюдая, сопоставляя, анализируя жизненные ситуации, он все больше и больше убеждался что в рассуждениях естествоиспытателя и философа–экономиста есть что-то

общее. Как и Ньютон, А. Смит абстрагировался, отвлекался от несущественного, побочного, стремился выделить предмет исследования, рассмотреть его в чистом виде. Возможно, в этом кроется большое значение и успех его труда «Богатства народов», в котором он обосновал экономическую политику прогрессивной буржуазии, описал экономический базис общества.

Когда в обиход вошло понятие обратной связи, в качестве этой «невидимой руки» были названы обратные связи, а именно ООС.

Когда спрос на товар начинает превышать предложение, то механизм ООС через рыночные цены приводит к увеличению предложения (и наоборот).

В обоих случаях такой механизм регулирования рыночных цен ведет к равновесию между спросом и предложением.

### **Другие вопросы регулирования рыночной экономики**

Нуждается ли самоорганизация в регулировании?

В вопросе регулирования рыночной экономики существуют две взаимоисключающих точки зрения.

1. Фридмен. Самоорганизация не нуждается в управлении и регулировании; рынок регулируется стихийно; вмешательство в рыночную экономику вредно.

2. Кейнс. Отстаивает макроэкономическое регулирование рынка путем проведения фискальной (налоги) политики государства. Эта теория основывается на синергетике (самоорганизации), которая нуждается в управлении со стороны государства.

### **Самоорганизация как основа эволюции экономических систем**

Самоорганизация в природе и обществе осуществляется медленно и постепенно, этап за этапом, путем проб и ошибок, т.е. приблизительно так же, как эволюция.

Поэтому самоорганизацию в экономике можно рассматривать как основу ее эволюции (развития).

Применение самоорганизации в экономике строится на общности биологической эволюции и самоорганизации, которая рассматривается как экономическая эволюция:

1. Обе эволюции совершаются постепенно, без скачков и резких изменений.

2. Эволюционные изменения в той и другой эволюциях обусловлены изменением окружающей среды и являются результатом адаптации, т.е. приспособления живых организмов, а также социальных коллективов к ней (окружающей среде).

3. Существенная роль в той и другой эволюциях принадлежит случайностям: в биологической эволюции – это мутации; в социальных коллективах (цивилизациях) – стихийные бедствия и кризисы.

4. Спонтанный, или самопроизвольный, порядок, который устанавливается при функционировании рыночного механизма, является устойчивым. Изменения в биологической эволюции закрепляются в дальнейшем.

5. Та и другая эволюции идут в сторону увеличения порядка, т.е. являются низкоэнтропийными.

Это процессы, которые происходят с наиболее высокоорганизованной материей, являются высокоэнергетическими, идут с увеличением энергетических затрат на производство единицы продукции. Эти процессы называются негэнтропийными.

Однако непосредственное применение аналогий между эволюциями, несмотря на очевидную пользу, наталкивается на существенные трудности, которые обуславливаются различием этих понятий.

### **Различие эволюций**

1. Биологическая эволюция происходит медленнее, чем эволюция в экономике.

2. Наследование части генетических свойств в биологической эволюции идет автоматически. А новые изменения, знания, навыки в социальной эволюции приобретаются только в ходе обучения, изучения традиций, быта многих поколений, коллективов и общества в целом.

3. Биологическая эволюция протекает стихийно в силу естественных законов самоорганизации. Экономическая эволюция может управляться, ориентироваться и направляться обществом.

### **3.5. Гипотезы возникновения жизни**

Идеи самоорганизации (синергетики) находят применение в качестве одной из гипотез возникновения жизни.

**I гипотеза Сагана** (американский специалист планетной астрономии). Саган предположил, что органические вещества попали на Землю из космоса в результате падения осколков метеоритов и комет.

По предположению Сагана, в метеоритах должны содержаться соединения  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$  (метан, аммиак), из которых состоят органические мо-

лекулы. При анализе на осколках метеоритов эти соединения были обнаружены (что говорит о научном подтверждении этой теории).

**II гипотеза Л.С. Миллера** (американский астрофизик). Миллер экспериментально доказал, что при прохождении электрического разряда или тока через смесь, состоящую из  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$  – молекул водорода,  $(\text{CH}_2)_2$  – этилена и паров воды, в ней возникают глицин и аланин (простейшие аминокислоты). То же самое может происходить под воздействием ультрафиолетового и слабого радиоактивного излучения Солнца. Таким образом Л.С. Миллер экспериментально доказал возможность небиологического синтеза органических соединений из неорганических.

### **Образование атмосферы Земли**

После того как в результате Большого взрыва образовалась Вселенная, звезды и планеты, около планет начала образовываться атмосфера.

Существует две противоположных тенденции (процесса), в результате которых вокруг Земли образовалась атмосфера:

- 1) гравитационное притяжение атомов, молекул газа и паров воды;
- 2) хаотическое тепловое движение молекул, которое отрывает их от поверхности Земли, и они распределяются в пространстве над Землей.

На Земле атмосфера состоит из определенного набора газов, благодаря тому что эти два процесса находятся в равновесии.

В первичной атмосфере Земли содержались инертные газы (неон, гелий). Позднее газы рассеялись в пространстве.

Откуда газы? Кора Земли постоянно разогревается ультрафиолетовым и радиоактивным излучениями Солнца и Космоса. Из нее постоянно испаряются газы, и Земля окружена оболочкой газов. В этой смеси возникают различные соединения ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ , аммиак).

После образования гидросферы (большое количество воды), молекулы воды распадались, или диссоциировали, на водород и кислород.

Будем разделять первичную атмосферу, которую назовем неокисленной, и вторичную, которую назовем окисленной (появился кислород).

Предполагают, что жизнь на Земле возникла порядка  $4,2 \pm 0,2$  млрд. лет назад.

Первичная неокисленная атмосфера была прозрачна для ультрафиолетового излучения, поэтому на поверхности земли и воды могли возникнуть органические соединения, для образования которых ультрафиолет (коротковолновая составляющая излучения Солнца) является благоприятствующим.

Сложные органические соединения, из которых в дальнейшем могла возникнуть жизнь, на поверхности воды и земли сохраняться не могли (образовывались и снова разрушались). Их диссоциацию (распад) вызывала другая составляющая излучения – инфракрасное излучение.

Предполагают, что в результате конвекции (круговорота) органические вещества опустились на дно Мирового океана. И это защитило их от инфракрасного (длинноволнового) излучения.

На базе этих органических соединений могли возникнуть более сложные соединения и простейшие живые организмы. «Жизнь возникла в воде и иле» (Демокрит).

### **III гипотеза о коацерватных каплях (первичном бульоне)**

(«коацерватос» – накопленный, собранный).

Автор гипотезы – академик А.И. Опарин.

В результате накопления органических соединений в Мировом океане образовался первичный бульон, в котором возможно образование более сложных органических соединений, а именно белковых соединений, которые оказались более стойкими к разрушительным воздействиям окружающей среды.

Сложные агрегатные состояния, которые состоят из миллиардов молекул, были названы *коацерватными каплями*.

Эти капли были экспериментально получены в лаборатории.

Академик Опарин считал, что эти капли при определенных условиях могли дать начало возникновению первичной живой клетки.

Недостатки III гипотезы:

- 1) не объясняет того, как органические вещества попали на Землю.
- 2) не показывает, как из органических молекул в дальнейшем произошла живая клетка.

### **IV гипотеза Владимира Ивановича Вернадского**

«Живое может происходить только из живого».

При этом Вернадский не ставил перед собой цели объяснить, как это происходит. Он считал, что жизнь существовала всегда.

Он поддерживал в этом французского биолога Пастера, который утверждал то же самое. Пастер предложил кипятить медицинские инструменты, отсюда – пастеризация (кипячение медицинского инструмента, молока).

**V гипотеза** основывается на идее синергетики (самоорганизации).

В сильно неравновесных и нелинейных системах при критических значениях параметров может возникнуть определенный порядок из беспорядка (такая система – Мировой океан).

Главное, что в такой системе возможно возникновение структур, в которых уже существует запись информации в виде некоторого кода (не-

живая клетка). С помощью этого кода управляется уже воспроизводство таких структур. В дальнейшем эти структуры оказываются более стойкими к разрушительному воздействию излучения. Эти более сложные структуры могли дать живую клетку, а более простые органические соединения разрушались. Таким образом накапливался более стойкий слой.

Это похоже на «естественный отбор» в неживой природе.

Эту гипотезу выдвинул Эйген. Она находится в стадии разработки, но связывает воедино все предыдущие гипотезы.

Доказательство гипотезы. Для того, чтобы подтвердить гипотезу, необходимо было найти:

1) микроорганизмы, которые являлись бы промежуточным звеном между живой и неживой природой;

2) более примитивные организмы, которые обладали бы структурой более простой, чем ДНК.

По первому пункту были обнаружены вирусы, которые вызывают болезни у бактерий – бактериофаг. Эти вирусы открыл француз Д'Эррель и отнес их к живым организмам, так как они могут размножаться только в живой материи. Противники этой теории относят бактериофаг к мертвой материи, обосновывая это тем, что он может бесконечно долго жить.

По второму пункту обнаружен вирус табачной мозаики, у которой существует только одна РНК.

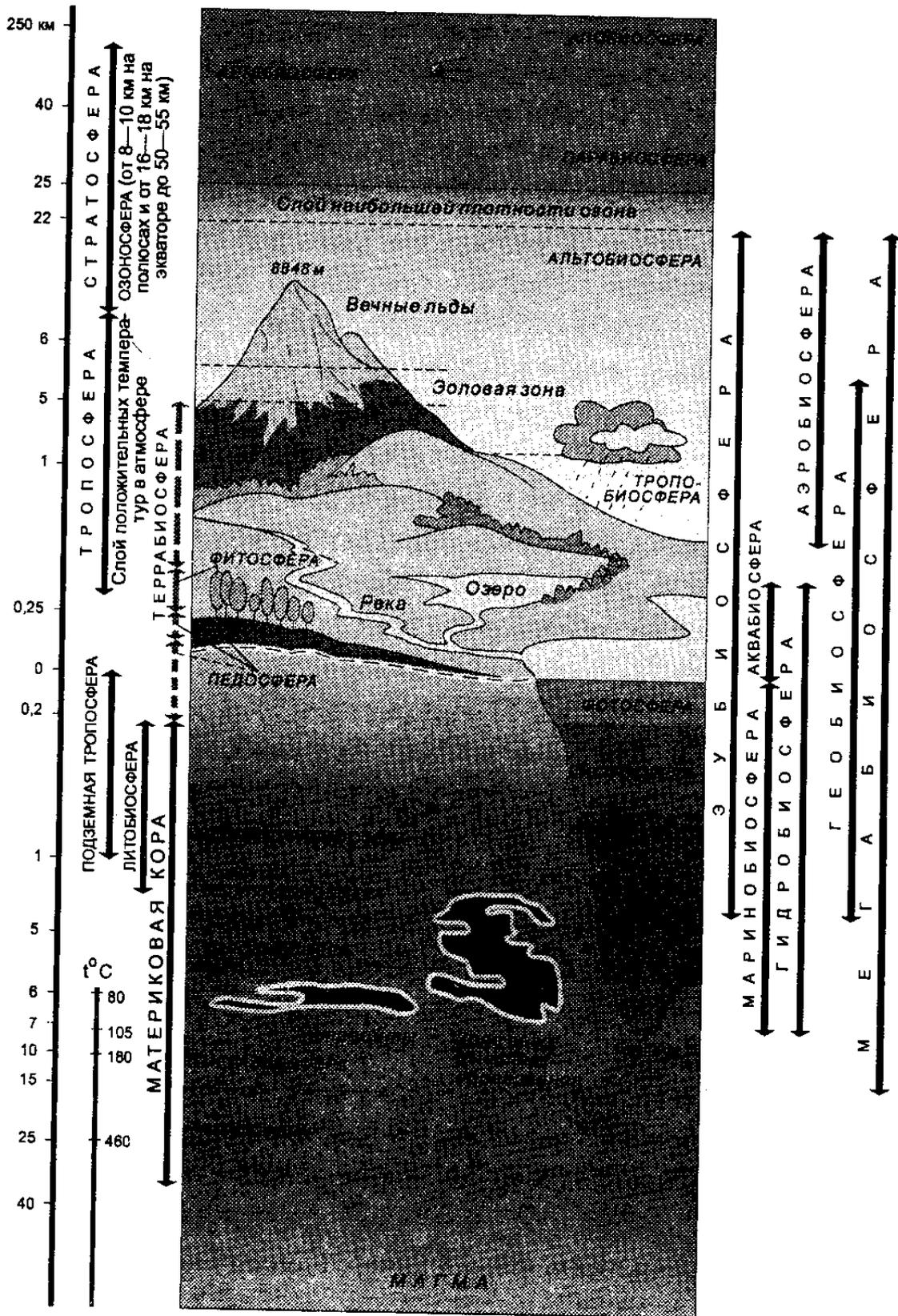


Рис. 36. Оболочки Земли

## Оболочки Земли

Биосфера. Главное отличие Земли от других планет Солнечной системы – существование живого вещества – растительного и животного мира. В связи с этим еще в XIX в. французский биолог Ж.Б. Ламарк (1744–1829) и австрийский геолог Э. Зюсс (1831–1914) ввели понятие биосферы (шар, наполненный жизнью, область жизни).

В настоящее время понятие «биосфера» имеет значение комплексной земной оболочки, включающей живое вещество и неживое, организованное деятельностью живого. Поэтому земная оболочка в целом характеризуется специфическим геологическим и физико-химическим составом. Биосферой называется та часть литосферы, гидросферы и атмосферы Земли, в которой существует живое вещество (рис. 36).

Гидросфера – водная оболочка Земли, в которой возможно существование плавающих организмов. Жизнь пронизывает толщу воды от ее поверхности до самого дна.

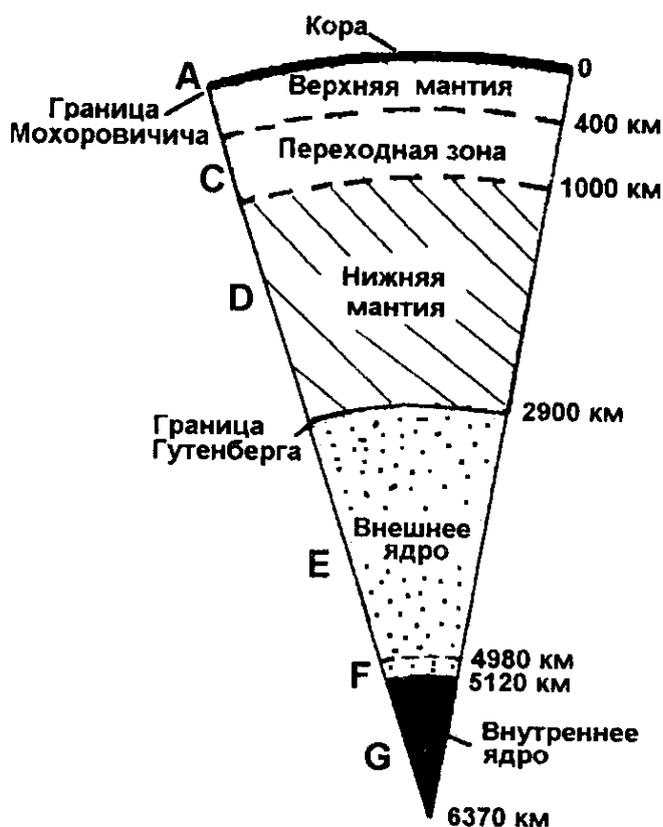


Рис. 37. Схема внутреннего строения Земли

Атмосфера является сплошной средой, менее плотной, чем вода. Вследствие этого обитатели атмосферы не могут существовать в отрыве от поверхности земли долгое время. Нет животных, которые парили бы в воздухе постоянно.

Литосфера – верхняя твердая оболочка Земли, имеющая большую прочность и переходящая без определенной резкой границы в нижележащую астеносферу, прочность вещества которой относительно мала. Литосфера включает земную кору, т.е. верхнюю силикатную (кремнеземную) оболочку Земли и отделенную от нее границей Мохоровичича жесткую верхнюю часть мантии Земли.

Сверху литосфера ограничена атмосферой и гидросферой, которые частично в нее проникают. Мощность (толщина пласта) литосферы не определена и колеблется вероятно от 50 до 200 км, в том числе мощность верхней ее части – земной коры – достигает 30 ÷ 60 км под континентами и 5 ÷ 10 км под океанами (на Кольском полуострове пробурена скважина глубиной 6 км); нижележащая часть литосферы сложена ультраосновными породами.

На граница Мохоровичича (югославский сейсмолог) скорость продольных упругих волн резко возрастает (с 6,7 ÷ 7,0 км/с в земной коре до 8,2 ÷ 8,3 км/с).

Литосфера, как ресурсная оболочка Земли, испытывает техногенные воздействия (на почву, горные породы, подземные воды, рельеф территории и т.д.) в связи с добычей полезных ископаемых, что влияет на различные экосистемы. В результате разномасштабных проявлений техногенных воздействий Земля превращается в гигантскую свалку, литосфера как геодинамическая геофизика – геохимическая и геофизическая оболочка Земли – начинает испытывать необратимые негативные изменения, экологические последствия которых трудно предсказать. Наибольшее по масштабам техногенное воздействие на литосферу обусловлено прежде всего такими видами деятельности, как горнотехническая (добыча и переработка полезных ископаемых), инженерно-строительная (строительство дорог, сооружений, предприятий, искусственных водохранилищ, метро и т.д.), сельскохозяйственная и военная.

Техногенная деятельность человека на Земле может не только вызывать замедление, но и активизацию природных геологических процессов, но способна порождать новые геологические процессы, которые раньше на данной территории не наблюдались. Создание крупных и глубоких водохранилищ приводит к возникновению таких грандиозных и опасных геологических явлений, как землетрясение.

Воздействие человека на геологическую среду привели к техногенному изменению геофизических полей Земли – гравитационного, магнитного, электрического, радиационного, теплового.

Огромное влияние на развитие научных представлений о биосфере оказало наследие В.И. Вернадского (1863–1945).

В.И. Вернадский сформулировал концепцию биосферы. В этой концепции основу биосферы как геологической оболочки составляет *живое существо, понимаемое как совокупность химических элементов, сосредоточенных во всех живых организмах, вместе взятых.*

Три основных биогеохимических принципа эволюции биосферы как целостного образования, сформулированные В.И. Вернадским, состоят в следующем.

**Первый принцип** вытекает из факта устойчивости геологических процессов в ходе исторического времени и состоит в том, что биогенная миграция химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному значению.

Вовлекая неорганическое вещество в биотический круговорот, живое способно со временем проникать в ранее недоступные области и увеличивать перерабатывающую активность. Освоение новых областей осуществляется за счет увеличения разнообразия форм живых организмов. Другим проявлением этого принципа можно считать постоянство среднего химического состава живого вещества с момента формирования по настоящее время. Таким образом, можно его назвать правилом постоянства химической основы эволюционных процессов органического мира.

**Второй принцип** связывает воедино эволюцию в целом биосферы и отдельных видов. Он состоит в том, что эволюция видов, приводящая в ходе геологического развития к созданию форм жизни, устойчивых в биосфере, идет в направлении, увеличивающем биогенную миграцию составляющих биосферы. Этот принцип задает правило направленности изменений органического мира. Появление человека есть закономерный процесс, так как выделение его из животного мира связано с резким ростом процесса переработки окружающей среды.

**Третий биогеохимический принцип** основывается на геометрической прогрессии размножения живых организмов. В соответствии с ним в течение всего геологического времени заселение планеты должно быть максимально возможным для всего живого вещества.

Процесс заселения планеты есть одно из следствий геометрической прогрессии размножения живых организмов. В.И. Вернадский предположил рассматривать скорость заселения земной поверхности тем или иным видом как характеристику его геохимической функции. Чем больше скорость заселения, тем сильнее вид перерабатывает окружающую среду.

Учитывая исключительно высокие темпы размножения живых организмов, этот принцип можно интерпретировать как правило полной заселенности Земли в любое геологическое время.

В.И. Вернадский является основателем естествознания как науки в России. Он создал целый комплекс наук о Земле – от генетической минералогии до биогеохимии и радиологии.

Как эволюцию биосферы, В.И. Вернадский рассматривал появление «ноосферы» (от греч. «ноос» – разум и сфера – в смысле оболочки Земли).

Появление научной мысли в биосфере в перспективе неизбежно полностью ее видоизменит. В сочетании с трудовой деятельностью человека мысль становится неведомой до этого геологической силой, способной преобразовать вместе с биосферой весь поверхностный слой Земли. Носитель земного разума – человек – с нарастающим темпом воздействует на биосферу, активно захватывая все занимаемое ею пространство, меняя облик земной поверхности. По убеждению академика В.И. Вернадского, преобразование биосферы грядет неизбежно и необратимо. Такая точка зрения была высказана им в начале 30-х годов XX в. и со скептицизмом воспринята научным сообществом тех лет. Ученый назвал трансформированную биосферу ноосферой. Под ноосферой он понимал не выделенный над биосферой «мыслящий пласт», а качественно новое ее состояние. Известны и более ранние переходы биосферы в подобные состояния, сопровождавшиеся почти полной ее перестройкой. Но современный переход представляет собой нечто особенное, ни с чем не сравнимое.

Свой анализ процесса трансформации биосферы в ноосферу В.И. Вернадский заканчивал следующими обобщениями.

- Ход научного творчества является силой, при помощи которой человек меняет биосферу. Изменение биосферы после появления в ней человека – неизбежное явление, сопутствующее росту научной мысли.

- Изменение биосферы не зависит от человеческой воли, оно стихийно, как природный естественный процесс.

- Научная работа человечества есть природный процесс осуществления перехода биосферы в новое, более упорядоченное состояние – ноосферу.

- Такой переход выражает собой закон природы. Поэтому появление в биосфере рода Ното (человека) есть начало новой эры в истории планеты.

- Человек может рассматриваться как определенная функция биосферы, в определенном ее пространстве–времени. Во всех своих проявлениях человек выражает определенные закономерности развития (становления) биосферы.

• Взрыв научной мысли в XX столетии подготовлен всем прошлым биосферы и имеет глубочайшие корни в ее строении. Она не может остановиться или регрессировать. Биосфера неизбежно, рано или поздно, преобразуется в ноосферу. И в истории народов, населяющих планету происходят нужные для этого события, а не события, этому противоречащие.

Что можно сказать по поводу перехода биосферы в ноосферу с точки зрения современной концепции развития? Процесс трансформации биосферы – это объективная реальность. Мы все, живущие на Земле, являемся свидетелями и, в определенной мере, участниками этого переходного процесса, даже если не отдаем себе отчета в характере происходящего. Процесс преобразования биосферы начался не вчера и завершится не завтра. По человеческому масштабу времени трансформация растянута на несколько поколений, но в геологическом измерении она мгновенна и ее следует рассматривать как скачок в развитии биосферы. В основе современных представлений об этом процессе лежит предложенная В.И. Вернадским концепция формирования ноосферы.

Понятие «ноосфера» было введено Э. Лерца (1881–1954) в 1927 году вместе с П. Тейяром де Шарденом (1881–1955).

По представлениям Вернадского, ноосфера – это царство разума, которое охватит всю область живого вещества планеты.

## Этапы происхождения Жизни



## Хронология истории Земли

Время возникновения Земли – 4,5 млрд. лет назад. Через 600 млн лет – **палеозойская эра** (эра древней жизни). Делится на 6 периодов:

1) Кембрийский период. Возникли голубые водоросли, существовали трилобиты.

2) Ордовикский период (по названию племени). Появились псилофиты. Между ордовикским и силурийским периодами появились рыбы.

3) Силурийский период (по названию племени).

4) Девонский период (по названию местности). Появились насекомые. Между девонским и каменноугольным периодами появились пресмыкающиеся.

5) Каменноугольный период. Возникли аммониты (малюски, имеющие панцирь, все живые организмы огромных размеров – из-за обилия пищи).

6) Пермский период (по г. Пермь). Между пермским и триасовым периодами появились млекопитающие.

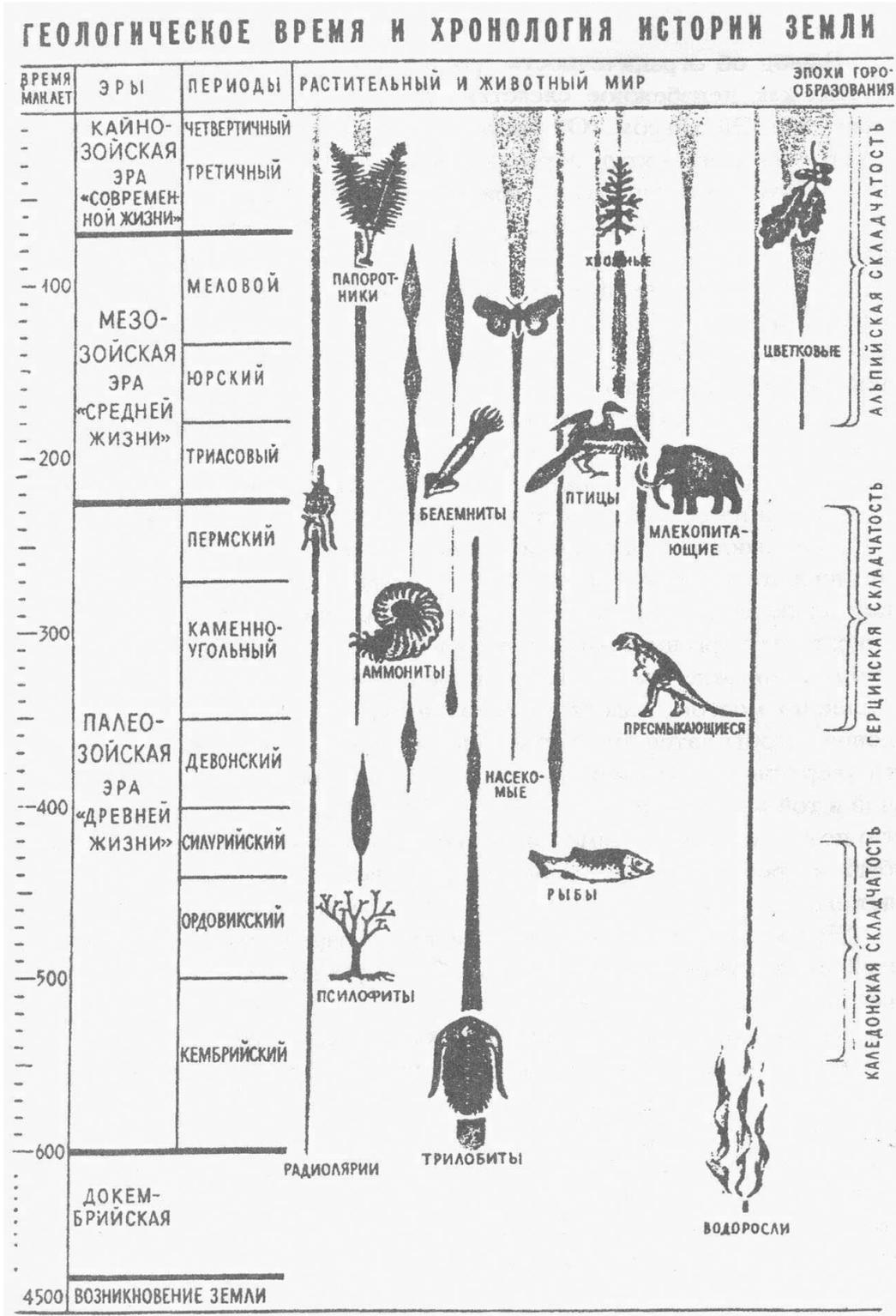


Рис. 38. Этапы развития растительного и животного мира Земли

**Мезозойская эра (эра средней жизни):**

1) Триасовый период (от слова три). Появились белемниты (типа кальмаров), огромные птицы (ближайшие родственники пресмыкающихся).

2) Юрский период. Возникло цветковое размножение семенами.

3) Меловой период. Образовался мел, папоротник. Огромные бабочки (как птицы).

Между мезозойской и кайнозойской эрами появились хвойные и лиственные деревья.

**Кайнозойская эра** – эра современной жизни (80 млн лет назад). Расцвет насекомых, млекопитающих и птиц.

1) Третичный период (длится 40 млн лет).

2) Четвертичный период (длился 30 млн лет).

С точки зрения современного естествознания цепочка предшественников человека разумного выглядит таким образом: **рамапитек** (14 млн лет назад жил на территории от Индии до Африки); **сивапитек**, предок орангутанга (10 млн лет назад жил в Азии). **Зинджантроп** получил название «человек умелый», так как он изготавливал примитивные каменные орудия труда (2 млн лет назад жил в Восточной Африке).

Впоследствии в Кении, на озере Рудольф, нашли изготовленные орудия труда и останки существ того же типа, но их возраст – 5,5 млн лет. Эти находки утвердили мнение, что эволюционные линии человека и шимпанзе разошлись именно в Восточной Африке в четвертичном периоде кайнозойской эры. Большую роль в этом процессе сыграла повышенная радиация, поскольку в Восточной Африке имеются выходы урановых пород. Генетиками доказано, что повышение радиации вызывает мутации. Возможно, что здесь эволюция протекала более быстрыми темпами. Новый вид был слабее других, поэтому, чтобы выжить, начинал изготавливать орудия и вести общественный образ жизни. Затем появился следующий вид – **австралопитек** (от лат. australis – южный и греч. pithekos – обезьяна), который жил от 4 до 2 млн лет тому назад. Последующее развитие человека прослеживается более определенно: **питекантроп** (жил 1,9 – 0,65 млн лет назад); **синантроп** (жил 400 тыс. лет назад); **неандерталец** (жил от 30 до 40 тыс. лет назад).

Во Франции, в пещере Кро-Маньон, в 1968 г. были найдены останки существа, близкого по облику, росту и объему черепа к современному человеку. Генетически человек не изменялся после кроманьонца, продолжалась только его социальная эволюция.

Предполагают, что неандерталец был вытеснен кроманьонцем, и неандерталец представляется тупиковой ветвью социальной эволюции человека. Но в 2006 году были найдены останки древнего человека, имеющего сходство с современным человеком и неандертальцем, то есть не исключается скрещивание современного человека и неандертальца.

В настоящее время наиболее научно обоснована эволюционная теория Дарвина (происхождения человека). Недостаток теории Дарвина: Дарвин в качестве недостатка теории указывал, что в эволюционной цепи недостает промежуточного звена между ближайшим предком и современным человеком.

В последующие годы получила развитие так называемая синтетическая теория эволюции, которая объединила достижения генетики и эволюционную теорию Дарвина.

### **Синтетическая теория эволюции**

Одним из направлений развития дарвинизма является синтетическая теория эволюции, созданная в 30 – 40-х гг. XX в. (Э. Майр называет сроками создания синтетической теории 1936 – 1947 гг.). В ней объединены на основе дарвинизма современные биологические концепции: генетико-экологическое изучение структуры популяции, результаты экспериментальной и теоретической генетики, модели борьбы за существование и естественного отбора. Иногда синтетической теорией называют результат слияния менделизма и дарвинизма.

Синтетическая теория эволюции выступает основанием всей системы современной эволюционной биологии. Синтез генетики и эволюционного учения стал качественным скачком в развитии как генетики, так и эволюционной теории. Он ознаменовал создание качественно нового ядра системы биологического познания, и стал свидетельством перехода биологии с классического на современный, неклассический уровень развития.

Непосредственными предпосылками для синтеза генетики и теории эволюции выступали: хромосомная теория наследственности, биометрические и математические подходы к анализу эволюции, закон Харди–Вейберга для идеальной популяции (гласящий, что такая популяция стремится сохранить равновесие концентрации генов при отсутствии факторов, изменяющих его), результаты эмпирического исследования изменчивости в природных популяциях и др.

В основе этой теории лежит представление о том, что элементарной «клеточной» эволюции является не организм и не вид, а популяция. Именно популяция – та реальная целостная система взаимосвязи организмов, которая обладает всеми условиями для саморазвития, прежде всего спо-

способностью наследственного изменения в смене биологических поколений. Элементарной единицей наследственности выступает ген (участок молекулы ДНК, отвечающий за развитие определенных признаков организма). Наследственное изменение популяции в каком-либо определенном направлении осуществляется под воздействием ряда эволюционных факторов (изменяющих генотипический состав популяции): мутационный процесс (поставляющий элементарный эволюционный материал), популяционные волны (колебания численности популяции в ту или иную сторону от средней численности входящих в нее особей), изоляция, естественный отбор – процесс, определяющий вероятность достижения индивидам репродукционного возраста. Естественный отбор является ведущим эволюционным фактором, направляющим эволюционный процесс.

Формирование синтетической теории эволюции ознаменовало переход к популяционной концепции, сменившей организмоцентрическую, начало преодоления противопоставления исторического и структурно-инвариантного «срезов» в исследовании живого, интеграцию биологии на базе дарвинизма (в России – Н.И. Вавилов, И.И. Шмальгаузен, А.Н. Северцов, разработавших учение о главных направлениях биологического процесса – аромифозе и идиоадаптации, и др.). Это открыло качественно новый этап в развитии биологии – переход к созданию единой системы биологического знания, воспроизводящей законы развития и функционирования органического мира как целого.

Сложившуюся картину эволюции изменяют найденные на острове Флорес (у восточной оконечности Явы) останки шести древних особей, живших 13–18 тыс. лет тому назад. Особенностью обнаруженных человеческих особей является то, что их рост не превышал одного метра, а объем мозга был значительно меньше, чем у современного человека. Однако они производили каменные орудия, которые были аналогичны таковым, изготовленным другими обитателями Земли того времени. Возраст женской особи (*Homo floresiensis*), найденной на острове Флорес, был определен приблизительно в 20 лет, поэтому гипотеза, что найденные останки – детские, не подтвердилась.

По мнению руководителя исследований Питера Брауна из австралийского университета Новой Англии (University of New England), на Земле 13–18 тыс. лет назад жили два совершенно разных вида людей.

Еще Энгельс сказал, что чем быстрее развивается цивилизация, тем ближе ее конец. Наглядной иллюстрацией к быстрому взрывному характеру развития нашей цивилизации является табл. 1, составленная известным американским физиком и писателем фантастом А. Кларком.

Левая половина таблицы Кларка неплохо отражает основные вехи технологического развития человечества за последние полтора–два столетия.

Правая часть таблицы открывает перспективы развития на ближайшее столетие. Конечно, эта часть таблицы Кларка является спорной. Отдельные предсказанные события не совпадают и не будут совпадать с соответствующими датами. Трудно предвидеть фундаментальные открытия в физике и указать время этих открытий. Мы приводим эту таблицу лишь в качестве одного из примеров такого предсказания и иллюстративного материала по ускоряющемуся процессу развития цивилизации.

Для сравнения представим хронологию открытий второй половины XX века.

**1955 г.** начаты исследования структуры нуклонов путем бомбардировки их электронами высоких энергий (Р. Хофштадтер). Проникновение в новую область пространственно-временных масштабов на субъядерный уровень.

- Открыт антипротон в соударении ускоренных протонов с нуклонами ядра-мишени (С. Чемберлен, Э. Сегре, С. Виганд, Т. Ипсилантис).

- Предсказание  $K_1^0$  - и  $K_2^0$  -мезонов, вычисление их масс и времени жизни (М. Гелл-Манн, А. Пайс).

- Синтезирован 101-й элемент – менделевий (Г. Сиборг, А. Гиорсо, Б. Гарвей, Г. Чопин, С. Томпсон).



Фото 2. Череп Homo floresiensis



Фото 3. Самый высокий (2 м 42 см) мужчина в Азии Жанг Джанкэй – любимец местных жителей

Таблица 1

**Хронология открытий второй половины XX века**

ПРОШЛОЕ					
Год	Транспорт	Связь, информация	Материалы	Биология, химия	Физика
1800	Локомотив Пароход	Телеграф	Паровой двигатель	Неорганическая химия. Синтез мочевины	Атомная теория
1850	Автомобиль	Телефон Фонограф	Механические станки. Электричество	Органическая химия Красители	Сохранение энергии. Электромагнетизм
1900	Самолет	Вакуумная трубка	Дизельные двигатели Газолиновые двигатели	Генетика Витамины	Рентгеновские лучи Электрон Радиоактивность

			Массовое производство		Специальная теория относительности
1910		Радио		Пластики	Изотопы
1920				Хромосомы Гены	Общая теория относительности Строение атома Волновая механика
1930		Телевидение		Гормоны	Нейтроны Деление урана
1940	Ракеты Вертолет	Радиолокация Магнитная запись Электроника Электронно-вычислительные машины Кибернетика	Магний из моря  Атомная энергия	Антибиотики  Кремний	Ускорители  Радиоастрономия
1950	Спутники	Транзисторы Мазер Лазер	Автоматика, водородная бомба	Успокаивающие средства	Несохранение четности
1960	Космические корабли			Структура белка	

### БУДУЩЕЕ

Год	Транспорт	Связь, информация	Материалы	Биология, химия	Физика
1970	Космическая лаборатория, посадка на Луну  Ядерная ракета	Машинный перевод	Электрические аккумуляторы	Китовый язык	
1980	Посадка на планеты	Персональное радио	Термоядерный синтез	Эксобиология, искусственный организм	Гравитационные волны
1990		Искусственный разум	Передача энергии по радио	Увеличение восприятия	Внутриядерная структура
2000	Колонизация	Всемирная	Освоение дна		

	планет	библиотека	моря		
2010	Путешествие к центру Земли	Телепатические устройства Логический язык	Контроль погоды	Контроль наследственности	Ядерный катализ
2020	Межзвездный зонд	Робот	Космическая геология		
2030		Контакт с внеземными цивилизациями	Космическая геология	Биоинженерия Разумные животные	
2040					
2050	Контроль над гравитацией	Запасная память	Планетная инженерия		
2060				Искусственная жизнь	Разрушение пространства-времени
2070	Околосветовые скорости		Контроль над климатом		
2080	Межзвездный полет				
2090	Передача материалов	Мировой мозг	Астроинженерия	Бессмертие	
2100	Встреча с инопланетными разумными существами				

**1956 г.** Открыт антинейтрон (Б. Корк, О. Пиччиони, Г. Лембертсон, У. Вензелл).

- Экспериментально обнаружено антинейтрино в обратном бета-распаде  $\nu^- + p \rightarrow e^+ + n$  (Ф. Рейнес, К. Коуэн).

- В.И. Векслер, Г.И. Гудкер и Я.Б. Файнберг разработали коллективные методы ускорения частиц.

**1957 г.** 4 октября в СССР осуществлен успешный запуск искусственного спутника Земли.

- Ю. Швингер выдвинул идею объединения слабых и электромагнитных взаимодействий (в 1958 году ее предложили также Ш. Глэшоу, А. Салам и Дж. Уорд).

- Вступил в строй синхрофазотрон на 10 ГэВ (В.И. Векслер).

- Изобретена искровая камера (Т. Краншау, Дж. де Гир).

- Дж. Гардин, Л. Купер и Дж. Шриффер на основе эффекта образования куперовских пар создали последовательную микроскопическую теорию сверхпроводимости (теорию БКШ) (в 1958 эту теорию предложил (с некоторыми дополнениями) Н.Н. Боголюбов).

- Создание универсальной теории слабых взаимодействий  $V-A$  (М. Гелл-Манн, Р. Фейнман, Р. Маршак, Э. Сударшан, Дж. Сакураи).

**1958 г.** Р. ван де Грааф разработал первый тандемный ускоритель отрицательных ионов (ему же принадлежит и идея этого ускорителя).

- Ч. Таунс и А. Шавлов разработали принцип работы лазера.

- А.М. Прохоров, А. Шавлов и Р. Дикке предложили резонатор открытого типа, широко применяемый в современных лазерах.

**1959 г.** Запущен прогонный синхрофазотрон с жесткой фокусировкой на 28 ГэВ.

- Н.Г. Басов, Б.М. Вул и Ю.М. Попов выдвинули идею полупроводникового лазера.

- Спущен на воду первый атомный ледокол «Ленин», осуществивший в 1960 году первый рейс по Северному морскому пути (А.П. Александров).

**1960 г.** запущен протонный синхрофазотрон с жесткой фокусировкой на 33 ГэВ (Брукхейвен).

- Создан водородный мазер, получивший широкое применение в качестве стандарта частоты (Н. Рамзей).

**1960 г.** запущен импульсный реактор на быстрых нейтронах ИБР-1 (Д.И. Глохинцев).

- Создан лазер на кристалле рубина (Т. Мейман).

- Создан газовый (гелий-неоновый) лазер (А. Джаван, У.Р. Беннет, Д. Эрриот).

- В Дубне запущен ускоритель тяжелых ионов, позволяющий получать интенсивные пучки ускоренных ионов вплоть до ионов аргона ( $Z=18$ ) (Г.Н. Флеров).

**1961 г.** 12 апреля впервые осуществлен успешный полет человека в космос на пилотируемом космическом корабле «Восток-1» (Ю.А. Гагарин).

- Выдвинута идея получения высокотемпературной плазмы с помощью сфокусированного излучения лазера (лазерный термоядерный синтез) (Н.Г. Басов, О.Н. Крохин).

- Л.А. Ривлин впервые рассмотрел принципиальную возможность осуществления лазера на ядерных гамма-переходах – гамма-лазера или гезера.

- Созданы мощные сверхпроводящие магниты (Дж. Кюнцлер).

**1962 г.** Создан полупроводниковый лазер (Г. Лэкс, У. Думке, М. Нэтен и др.), предложенный в 1959 году советскими учеными. В 1963 г. полупроводниковый лазер построен и в СССР (Б.М. Вул и др.).

- Осуществлено смешение излучения от двух разных лазеров (П. Франкен).

- Создан лазер с модулированной добротностью, дающий гигантские импульсы света (Ф. Мак-Кланг, Р. Хеллуорт).

- Ю.М. Денисюк предложил выполнять голографические записи в толстослойных фотографических эмульсиях (голограммы Денисюка). Изображения, полученные при помощи этих голограмм, обладают объемностью и цветностью.

**1963 г.** Сооружены первые ускорители на встречных пучках (Г.И. Будкер).

- Синтезирован ряд изотопов 102-го элемента (Г.Н. Флеров).

- Обнаружен эффект каналирования частиц в кристаллах (Р. Нельсон, М. Томпсон).

- Ф. Андерсон и Дж. Роуэлл экспериментально обнаружили стационарный эффект Джозефсона.

**1964 г.** Синтезирован 104-й элемент – курчатовий (Г.Н. Флеров).

- Введение нового квантового числа – очарования, или чарма (Дж. Бьеркен, Ш. Глэшоу).

- Введено новое квантовое число – цвет (Н.Н. Боголюбов, Б.В. Струминский, А.Н. Тавхелидзе, Й. Намбу, М. Хан, Й. Миямото).

- Экспериментально доказано существование слабого взаимодействия между нуклонами в ядре, не сохраняющего пространственную четность (Ю.Г. Абов, П.А. Крупчинский, В.М. Лобашев).

- А. Пайс, Л. Радикати и Ф. Гюрсей предложили схему SU(6)-симметрии.

- 14 августа вступила в строй первая в мире ядерная установка «Ро-машка» с непосредственным превращением ядерной энергии в электрическую (М.Д. Миллионщиков).

- Создан лазер на углекислом газе – молекулярный лазер (К. Пател).

- Создан ионный лазер (У. Бриджес и др.).

- Экспериментальное открытие нестационарного эффекта Джозефсона – наблюдение джозефсоновского электромагнитного излучения (И.К. Янсон, В.М. Свистунов, И.М. Дмитренко). Этот эффект в 1965 наблюдал также А. Живер.

**1965 г.** Открыто реликтовое излучение – остаточное излучение «молодой» Вселенной на ранней стадии ее эволюции (А. Пензиас, Р.В. Вильсон).

- Осуществлено превращение гамма-кванта высокой энергии в пару «протон–антипротон».

- М. Хан и Й. Намбу построили схему сильных взаимодействий, основанную на трех триплетах кварков с целочисленными зарядами (модель Хана-Намбу).

- Синтезировано первое антиядро (антидейтрон), представляющее собой связанное состояние антипротона и антинейтрона (Л. Ледерман).

- Синтезирован изотоп  $^{256}103$  (Г.Н. Флеров).

- Создан химический лазер (Дж. Каспер, Дж. Пиментел).

- Доказательство существования во Вселенной сингулярностей (Р. Пенроуз, С. Хокинг).

**1966 г.** Й. Намбу в рамках модели целозаряженных кварков ввел цветное взаимодействие и положил начало квантовой хронодинамике. Дальнейшее развитие она получила в работах М. Гелл-Манна, С. Вайнберга и др.

**1967 г.** С. Вайнберг (независимо от А. Салама, 1968) разработал объединенную теорию слабого и электромагнитного взаимодействий (теория Вайнберга–Салама).

- Вступил в строй протонный синхрофазотрон с жесткой фокусировкой на 76 ГэВ (г. Серпухов).

- Вступила в строй советская термоядерная установка стеллараторного типа «Ураган».

- Открытие пульсаров (А. Хьюиш, Ж. Белл).

- Показано, что пульсары являются вращающимися нейтронными звездами (Т. Голд).

**1969 г.** Осуществлена высадка человека на Луну. 21 июля космонавты космического корабля «Аполлон-11» Н. Армстронг и Э. Олдрин впервые ступили на лунный грунт.

**1970 г.** Ш. Глэшоу, Дж. Илиопулос и Л. Майани модифицировали теорию слабого и электромагнитного взаимодействия Вайнберга–Салама, включив в нее очарованные кварки, и построили схемы для представления семейств адронов в супермультиплетах.

- Получено прямое экспериментальное доказательство о внутренней структуре протона, проявляющейся при взаимодействии с электронами.

- Синтезирован 105-й элемент (Г.Н. Флеров).

- Наблюдаются отдельные атомы при помощи сканирующего электронного микроскопа.

**1972 г.** Предложены модели сильного, электромагнитного и слабого взаимодействий (Дж. Пати, А. Салам, Г. Джорджи, Ш. Глэшоу, Л.В. Прохоров).

**1973 г.** Выдвинута гипотеза глюоонов (М. Гелл–Манн, С. Вайнберг, А. Салам и др.).

**1974 г.** Синтезирован 106-й элемент (Г.Н. Флеров).

• Синтезированы ядра антитрития.

**1975 г.** Введены в строй термоядерные установки нового поколения «Токамак-10» и PLT.

**1980 г.** Получены указания на наличие у нейтрино ненулевой массы покоя (В.А. Любимов, Е.Г. Новиков, В.З. Нозик, Е.Ф. Третьяков, В.С. Козик).

**1981 г.** В ЦЕРНе вступили в строй первые установки со встроенными протон-антипротонными пучками на 62 ГэВ и 600 ГэВ.

В настоящее время существует теория катастроф, которая рассматривает не эволюционное развитие цивилизации, а смену одной цивилизации другой в результате катастрофических происшествий (столкновение с небесным телом, ядерный взрыв). Выживает наиболее сильная, организованная, умная часть.

Рене Том (француз) – разработал теорию катастроф для сложных нелинейных термодинамических систем. Показал, что в таких системах при критических значениях параметров возникает множественность решений нелинейных уравнений (точка бифуркаций).

По И. Пригожину бифуркация есть не что иное, как возникновение при некотором критическом значении параметра нового решения уравнений, которое соответствует другому состоянию системы. При возрастании некоторого параметра происходят последовательные бифуркации. На рисунке 39 показаны последовательные бифуркации: 1 и 3 – точки первичных бифуркаций, а 2 и 4 – точки вторичных бифуркаций. Под точкой бифуркаций понимается состояние системы, после достижения которой возможно осуществление некоторого множества вариантов ее дальнейшего развития. Примером бифуркаций может служить состояние выбора абитуриентом учебного заведения, состояние выбора студентом правильного ответа при тестировании и т.д.

Математическая теория бифуркаций очень сложна, точные решения редко удается получить. К точно решаемой ситуации приводит теория катастроф Рене Тома. Точки, в которых изменяются свой-

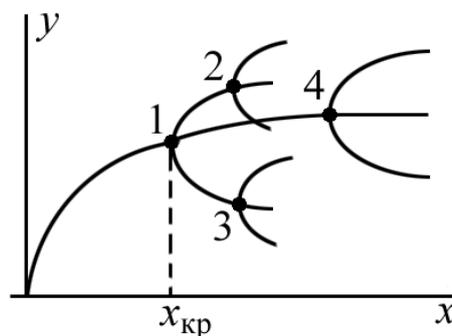


Рис. 39. 1, 2, 3, 4 – точки бифуркаций

ства устойчивости стационарных состояний, Рене Том назвал множеством катастроф.

Теория бифуркаций широко используется в универсальных науках, таких как нелинейная неравновесная термодинамика и синергетика. В синергетике изучаются свойства точек бифуркаций и устанавливаются закономерности развития самоорганизующихся открытых систем, их переходы от хаоса к порядку и, наоборот, от порядка к хаосу. Универсальность термодинамики и синергетики позволяет применять теорию бифуркаций к различного рода системам: физическим, химическим, биологическим, социальным. В синергетике достаточно строго показывается, что никакими внешними воздействиями нельзя «навязать» системе нужное кому-либо поведение, можно только выбрать наиболее подходящий из потенциально заложенных в ней путей. Если этот принцип в реальной жизни нарушается, то это может привести к тяжелым последствиям в политике, экономике, экологии и т.д. или, что еще более опасно, к катастрофам.

Пусть какая-то нелинейная система описывается графиком, показанным на рис. 39. При критическом значении параметра  $x_{кр}$  возникает несколько направлений последующего развития системы. В этих точках система стоит перед выбором, и ее дальнейшее развитие непредсказуемо (например, абитуриент перед выбором вуза). В дальнейшем эта теория стала применяться для предсказания развития человеческого общества.

При критических значениях нескольких параметров, характеризующих развитие человеческого общества, может наступить точка бифуркаций (рис. 35), когда дальнейшее поведение общества становится непредсказуемым и может наступить катастрофа. Отсюда и название – теория катастроф.

Другим исходным понятием синергетики (кроме бифуркации) является аттрактор.

Аттрактор – это относительно устойчивое состояние системы, которое как бы притягивает к себе множество траекторий развития, возможных после преодоления точки бифуркаций. Траектории, по которым возможно развитие системы после достижения точки бифуркации и которые отличаются от других относительной устойчивостью, то есть являются наиболее реальными, называются аттракторами. Примеры аттракторов: группа экономических вузов; специальности для абитуриентов; популяция морозоустойчивых особей в случае наступления глобального похолодания.

### **3.6. Силы и взаимодействия в природе**

*Консервативные силы:*

1. Сила гравитационного взаимодействия (притяжения):

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} - \text{закон обратных квадратов.}$$

Сила асимметрична, природа этой силы не установлена.

2. Сила взаимодействия заряженных тел (сила Кулона):

$$F_{\text{К}} = k \frac{q_1 q_2}{r^2}, \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0}.$$

Сила симметрична (сила притяжения и отталкивания). Сила Кулона является частным случаем электромагнитного взаимодействия. Сила Кулона имеет электромагнитную природу.

3. Сила упругости (определяется по закону Гука):

$$F = -kx,$$

где  $k$  – коэффициент упругости материала;  $x$  – абсолютная величина деформации. Возникает при сжатии и растяжении, имеет электромагнитную природу.

При деформации атомы взаимодействуют через электронные оболочки (либо удаляются, либо приближаются), поэтому природа сил упругости – электромагнитная.

Эти силы имеют общее свойство: они являются консервативными, т.е. силами, которые не рассеивают механическую энергию.

4. Диссипативные силы – силы трения – рассеивают механическую энергию

Силы трения определяются аналогично силе упругости:

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N,$$

где  $\mu$  – коэффициент трения;  $N$  – сила нормального давления. Природа силы трения – электромагнитная (взаимодействие так же как и в случае сил упругости, на уровне электронных оболочек).

Эти силы являются реально действующими, и их наличие не вызывает сомнения.

5. Силы инерции – называют иногда фиктивными, потому что нельзя указать тело, со стороны которого они действуют.

Силы инерции возникают при ускоренном движении системы отсчета (например, в троллейбусе). При поступательном движении сила инерции прямо пропорциональна ускорению:

$$F_{\text{и}} = -ma.$$

При вращательном движении системы отсчета действуют две силы: центробежная и сила Кориолиса.

Центробежная сила инерции зависит от массы тела, угловой скорости вращения и расстояния от центра вращения. Действует как на покоящееся, так и на движущееся относительно системы отсчета тело.

Сила Кориолиса действует во вращающейся системе отсчета только на движущееся тело, так как она зависит от скорости движения тела относительно системы отсчета.

Благодаря силе Кориолиса подмываются правые берега рек Северного полушария и снашиваются правые рельсы (при движении на север).

### **Особенности сил инерции:**

1. Нельзя указать тело, со стороны которого они действуют. Причина их возникновения – ускоренное движение системы отсчета.

2. Законы сохранения в неинерциальных системах отсчета не выполняются, так как силы инерции являются внешними по отношению к системе тел, следовательно система тел является открытой.

Если силы инерции учесть в уравнении II закона Ньютона  $\sum \mathbf{F} = m\mathbf{a}$ , то они как бы становятся внутренними силами и законы сохранения можно применить.

*Принцип суперпозиции* – принцип наложения полей и сил. Например, каждая заряженная частица создает свое поле независимо от существования других заряженных частиц.

## **Фундаментальные взаимодействия**

Взаимодействие – основная причина движения материи, оно присуще всем материальным объектам. К настоящему времени экспериментально подтверждено 4 типа фундаментальных взаимодействий (табл. 2., указаны по увеличению интенсивности):

- 1) гравитационное,
- 2) слабое,
- 3) электромагнитное,
- 4) сильное.

*Гравитационное взаимодействие* свойственно всем телам Вселенной. Эти силы обуславливают существование звезд, планетных систем и т.п. Гравитационное взаимодействие предельно слабое по интенсивности и в мире элементарных частиц при обычных энергиях непосредственной роли не играет. Здесь гравитация становится существенной лишь при энергиях  $\sim 10^{28}$  эВ ( $1 \text{ эВ} = 10^{-19}$  Дж), которые соответствуют расстояниям  $R \sim 10^{-35}$  м. Хотя по современным представлениям к элементарным, т.е. неделимым, можно отнести кварки и электроны (из частиц в составе атома), по традиции к элементарным относят составные микрообъекты: молекулы, атомы,

ядра, адроны. Данный термин повторил историю слова «атом», которое в переводе с греческого означает «неделимый».

*Слабое взаимодействие* присуще всем частицам, кроме фотонов, сосредоточено внутри ядра. Наиболее известное его проявление – бета-превращения атомных ядер. Оно же обеспечивает нестабильность многих элементарных частиц, например нейтрона. Хотя слабое взаимодействие существенно сосредоточено внутри ядра, оно имеет определенные макроскопические проявления. Кроме бета-превращений атомных ядер, слабое взаимодействие играет важную роль в так называемых термоядерных реакциях, ответственных за механизм энерговыделения в звездах. Нейтрино – уникальные частицы, они могут участвовать только в слабом взаимодействии (если не считать гравитационное).

*В электромагнитном взаимодействии*, наиболее известном и наиболее изученном, непосредственно участвуют только электрически заряженные частицы и фотоны. Одно из его проявлений – кулоновские силы, обуславливающие существование атомов. Именно электромагнитное взаимодействие ответственно за подавляющее большинство макроскопических свойств вещества (как уже ранее указывалось, силы трения, упругости и силы Кулона имеют электромагнитную природу).

*Сильное взаимодействие* свойственно адронам (как уже указывалось, к адронам относятся протоны и нейтроны). Наиболее известное его проявление – ядерные силы, обеспечивающие существование атомных ядер. Примеры процессов, вызываемых сильным взаимодействием, реакция рождения антипротона и антинейтрона.

**Таблица 2**

**Фундаментальные взаимодействия**

Тип взаимодействия	Источник (участник) взаимодействия	Переносчики	Относительная интенсивность взаимодействия	Радиус действия силы
Гравитационное	Масса	Гравитоны	$\sim 10^{-38}$	Сколько угодно далеко
Слабое	Все элементарные частицы	Промежуточные бозоны	$\sim 10^{-15}$	$< 10^{-18}$ м
Электромагнитное	Электрические заряды	Фотоны	$\sim 10^{-2}$	Сколько угодно далеко
Ядерное (сильное)	Адрон (протоны, нейтроны, мезоны)	Глюоны	1	$< 10^{-15}$ м

В настоящее время предполагают, что эти взаимодействия носят обменный характер, т.е. взаимодействие осуществляется путем обмена частицами (они называются переносчиками взаимодействий): электромагнитное взаимодействие – обмен фотонами; сильное взаимодействие – обмен глюонами (от слова glue (англ.) – клей); гравитационное поле – обмен гравитонами (частицы пока не найдены); слабое взаимодействие – обмен промежуточными бозонами, имеющими заряд  $q = \pm e$  и обладающими большими массами  $m \approx (81 \div 93) \text{ ГэВ}$  ( $1 \text{ ГэВ} = 10^9 \text{ эВ}$ ).

Промежуточные бозоны зарегистрированы во встречных протон-антипротонных пучках. Бозонами называют частицы, способные накапливаться в одном и том же квантовом состоянии (т.е. в состоянии с одинаковыми квантовыми числами). Другой вид частиц – фермионы – в отличие от бозонов – «индивидуалисты», в определенном квантовом состоянии может находиться только одна частица (например, электроны в атоме).

### **Силы и взаимодействия в атоме**

1. Между частицами внутри ядра действуют ядерные силы. Они являются зарядонезависимыми, т.е. действуют как между протонами, так и нейтронами, и между протонами и нейтронами. Являются короткодействующими – действуют только в пределах ядра ( $10^{-14} \text{ м}$ ). Предполагают, что эти силы действуют между кварками внутри протонов и нейтронов в ядре. Это взаимодействие является сильным.

2. Электромагнитное взаимодействие возникает между электронами и протонами ядра.

3. Гравитационное взаимодействие (в микромире им пренебрегают, т.к. величина его мала по сравнению с сильным и электромагнитным).

В 1980 году была сделана попытка объединения слабого и электромагнитного взаимодействия, но пока она остается на уровне гипотезы.

По теории Великого объединения (ТВО) предполагается объединить сильное и электромагнитное взаимодействия. Кроме того, делаются попытки объединить гравитационное и электромагнитное взаимодействие («Суперобъединение», ТСО). Пока эти попытки не удалась.

### **Связи между частицами вещества в молекуле**

1. *Ван-дер-Ваальсовская связь* – самая слабая, действует между атомными плоскостями (графита), между нейтральными атомами.

**2. Ковалентная связь** – самая сильная. Действуют между атомами углерода, кислорода, в молекулах живых существ, т.е. в органических молекулах.

**3. Металлическая связь** – тоже сильная. Действует в металлах между положительными ионами решетки и свободными электронами (электронным газом).

**4. Ионная связь** – сильная. Действует в решетке кристаллов между положительными и отрицательными ионами.

Ковалентную, металлическую и ионную связи называют химическими связями.

С учетом современных представлений о взаимодействиях и связях в материи современная картина мира (рис. 40) построена на основе механической, электромагнитной и квантово-полевой.

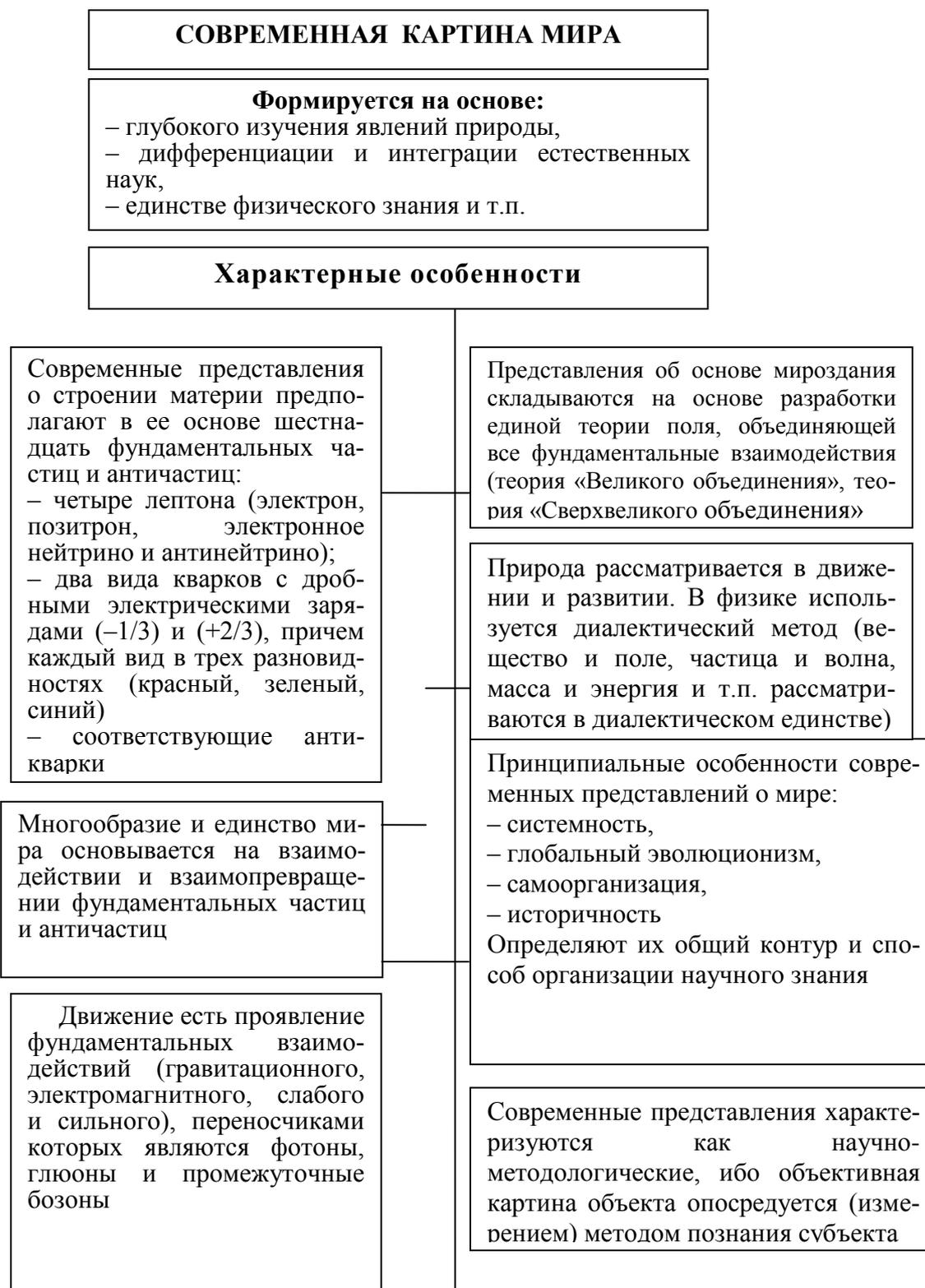


Рис. 51. Современная картина мира

### 3.7. Иерархическая структура Мира

Мир состоит из двух видов элементарных (неделимых) частиц (согласно современным представлениям): кварки и электроны. Протоны и нейтроны имеют внутреннюю структуру. В электронном микроскопе была замечена неодинаковая плотность заряда протона. Была высказана гипотеза о том, что протоны и нейтроны состоят из кварков.



## Единство мира

Доказательство единства мира:

1. Единство мира состоит в его материальности.
2. Мир един, потому что он состоит из одних и тех же частиц и элементов.
3. В мире действуют одни и те же законы, а деление на макро- и микромир условно.
4. Едино стремление человечества в целом к прогрессу, высокой культуре, усилению научно-технических достижений.

После изучения процессов самоорганизации, теории бифуркаций, фундаментальных взаимодействий можно представить происхождение и развитие Вселенной и жизни в другой интерпретации.

## Происхождение Вселенной

«Ложный» вакуум, упоминаемый ранее, представляет собой симметричное, но энергетически невыгодное, а следовательно, нестабильное состояние. В свете инфляционной теории эволюция Вселенной предстает как синергетический самоорганизующийся процесс. Если считать Вселенную замкнутой системой, то процессы самоорганизации могут быть рассмотрены как взаимодействие двух открытых подсистем – физического вакуума и всевозможных микрочастиц и квантов полей. Согласно этой теории в процессе расширения из «суперсимметричного» состояния Вселенная разогрелась до температуры, соответствующей Большому Взрыву. Дальнейшее ее развитие по мере падения температуры пролегало через критические точки бифуркации (ветвления), в которых происходили спонтанные нарушения симметрий исходного вакуума. Схематично этот процесс представляется в следующем, упрощенном виде:

**1-я бифуркация:** нарушение симметрии (тождества) между бозонами и фермионами привело к разделению материи на вещество и поле;

**2-я бифуркация:** нарушение тождества между кварками и лептонами; симметрия Вселенной нарушается до симметрии, отвечающей сильным взаимодействиям и симметрии, отвечающей электрослабым взаимодействиям; нарушается также симметрия между веществом и антивеществом: частиц вещества рождается больше, и вся наша Вселенная оказывается построенной из вещества;

**3-я бифуркация:** спонтанное нарушение симметрии электрослабого взаимодействия, что обнаруживается нами в виде различия между электромагнитным и слабым взаимодействием.

**4-я бифуркация:** возникают протоны и нейтроны.

Дальнейшая эволюция Вселенной приводит к возникновению водорода, гелия, ионизованного газа, звезд, галактик и т.д.

Спонтанное нарушение симметрии вакуума выражается в том, что он отдает энергию на рождение микрообъектов, на приобретение их масс и зарядов, вследствие чего плотность энергии вакуума уменьшается.

Важным здесь является и то, что ход этой эволюции, выбор пути развития в моменты бифуркаций оказался именно таким, что в результате появилась именно такая Вселенная, какую мы наблюдаем, т.е. Вселенная, в которой оказалась возможной жизнь нашего типа и появление самого наблюдателя (т.н. антропный принцип).

### **Асимметрия и жизнь**

Асимметрия и жизнь. Открытие киральной чистоты молекул биогенного происхождения проливает новый свет на возникновение жизни на Земле, которое могло быть вызвано спонтанным нарушением существующей до того зеркальной симметрии. Факторами возникновения асимметрии могли быть радиация, температура, давление, воздействие электромагнитных полей и др. Возможно, что жизнь на Земле зародилась в виде структур, схожих с генами современных организмов. Это мог быть акт самоорганизации материи в виде скачка, а не постепенной эволюции. В связи с этим говорят о Большом Биологическом Взрыве.

Исследования показывают, что в ходе развития жизни асимметрия все больше и больше вытесняет симметрию из биологических и химических процессов. Внешне симметричные полушария головного мозга различаются по своим функциям. Явно асимметричным признаком является разделение полов – достаточно «позднее приобретение» эволюции, причем каждый пол вносит в процесс воспроизведения свою генетическую информацию. Симметрия и асимметрия живого проявляются и в важнейших факторах эволюции. Так в устойчивости видов (наследственность) проявляется симметрия, а в их изменчивости – асимметрия.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Перечислите макро- и микропараметры системы.
2. Какое состояние системы называется равновесным?
3. Укажите условие устойчивого равновесного состояния системы.
4. Какой процесс называется обратимым? В чем его отличие от обратного? Приведите примеры.

5. Какие силы относятся к консервативным, а какие к диссипативным?
6. Перечислите процессы переноса, укажите их общие свойства.
7. Какая величина является характеристикой хаоса в системе, а какая – характеристикой порядка в системе?
8. Сформулируйте принцип возрастания энтропии.
9. Обоснуйте статистический вероятностный смысл  $\Pi$  начала термодинамики.
10. В чем отличие термодинамической вероятности от обычной вероятности?
11. Дайте понятие о синергетике (самоорганизации).
12. Укажите виды самоорганизованных структур и условия их возникновения.
13. Какие идеи естествознания используются в других науках, например в экономике?
14. Как проявляется самоорганизация в рыночной экономике?
15. Укажите общие свойства и различия экономической и биологической эволюции.
16. Перечислите гипотезы возникновения Земли. Укажите их достоинства и недостатки.
17. Перечислите силы и взаимодействия в природе.
18. Благодаря каким взаимодействиям существует атом?
19. Перечислите иерархии (ступени) структуры Мира.
20. Какие связи между частицами вещества в молекуле Вам известны?

## Глава 4. ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ МАТЕРИИ

Невозмутимый строй во всем,  
Созвучье полное в природе, –  
Лишь в нашей призрачной свободе  
Разлад мы с нею сознаем.  
Ф.И. Тютчев

Орел бьет сокола, а сокол бьет гусей.  
Страшатся щуки крокодила;  
От тигра гибнет волк, а кошка ест мышей.  
Всегда имеет верх над слабостью сила.  
А.С. Пушкин

### 4.1. Живые организмы как кибернетические системы

Живым системам свойственна самоорганизация, информационные процессы и процессы управления. В частности, они имеют систему управления, например гомеостаз, который поддерживает параметры системы постоянными. Следовательно, живые организмы, как имеющие много общего с кибернетическими системами, являются предметом изучения сравнительно новой науки, которая называется биокибернетикой.

В биокибернетике применяется системный подход.

Признаки системного подхода:

1. Система взаимодействует со средой и другими системами как единое целое.
2. Система состоит из иерархий (подсистем) более низких уровней.
3. В свою очередь, рассматриваемая система является подсистемой для систем более высокого порядка.
4. Система сохраняет общую структуру взаимодействия элементов при изменении внешних условий и внутреннего состояния.

По этим признакам мы должны делить мир на системы и несистемы.

### Ферментные механизмы управления

Ферментное вещество – вещество, способное управлять скоростью протекания химических реакций и другими процессами.

Большинство организмов обладает очень большими значениями энергии активации химических реакций. Многие реакции вне клетки при температуре 36,6 ° вообще не могут происходить. Понизить энергию акти-

вазии призваны ферменты. Скорость протекания реакции в клетке будет определяться концентрацией фермента, а сама активность фермента сильно зависит от окружающей среды.

Ферменты – это белковые макромолекулы, которые состоят из огромного числа аминокислот. Однако активный центр ферментов образован лишь несколькими аминокислотами. Была высказана гипотеза, что фермент и субстрат (вещество, на которое фермент действует) подходят друг к другу, как ключ к замку. Но в дальнейшем было выяснено, что механизм взаимодействия фермента и субстрата гораздо тоньше и сложнее.

В глубинных внутриклеточных процессах проявляется вероятностная организация, которая и обеспечивает точность и надежность протекания реакции.

### **Биологические часы**

Действие их проявляется в циркадных ритмах, которые свойственны как растениям, так и животным. Отчего они возникают – пока не ясно, но высказывают предположения, что многие из них связаны с периодическим изменением условий среды в течение разных периодов времени. Возможно, что они возникли из-за необходимости приспособления к этим условиям.

Трудно указать физиологические функции организма, которые не были бы ритмичными или периодическими. Период этих ритмичных процессов изменяется во времени: 0,01 с (мышечное сокращение),  $\approx 1$  с (нервные импульсы), дыхательные ритмы порядка 10 с, суточные ритмы – сон и бодрствование, сезонные изменения (например смена окраса шкурки у зайцев и белок). На уровне сообществ – это ритмические процессы – смерть и рождение (обновление рода).

Таким образом, жизнь – это саморегулирующийся ритмический процесс, в основе которого лежит устойчивое неравновесие циклов метаболизма (обмена веществ).

### **Распространение и передача состояний в биосистемах**

Для неживой материи свойственна передача состояния от одного элемента системы к другому или от одного тела к другому путем силового или энергетического воздействия. Например, при столкновении одинаковые шарики обмениваются скоростями. Ничего подобного в живых организмах не происходит.

Передача состояния в живых системах управляется с помощью импульсов, которые подобны импульсам электрического тока под действием многих систем организма.

#### 4.2. Эколого–энергетические закономерности биосистем

1. *Первый закон энергетической проводимости.* Поток энергии, вещества и информации в системе как в целом должен быть сквозным, охватывающим всю систему, иначе система не будет иметь свойства единства.

2. *Второй закон энергетической проводимости* – закон сохранения жизни. Жизнь может существовать только в процессе движения через живое тело потока вещества, энергии и информации.

3. *Законы сохранения массы.* Сумма массы вещества системы и массы эквивалентной энергии, получаемой или отданной системой, постоянны.

Этот закон базируется на взаимодействии между массой и энергией.

$$\Delta E = \Delta mc^2, \text{ где } c - \text{ скорость света.}$$

4. *Принцип Ле Шателье-Брауна.* Открыт одновременно двумя учеными.

Ле Шателье в 1884 г. открыл закон смещения термодинамического равновесия. В 1887 г. этот закон обосновал Браун опытным путем.

В начале XX в. этот принцип был перенесен на живые системы и стал формулироваться так: при внешнем воздействии, выводящем систему из состояния устойчивого равновесия, это равновесие смещается в том направлении, при котором эффект внешнего воздействия минимален.

Еще одна формулировка принципа Ле Шателье: противодействуя внешнему воздействию, система стремится вернуться в исходное состояние, или в состояние равновесия.

В наши дни действие принципа Ле Шателье-Брауна нарушено. Это проявляется в том, что увеличение выбросов углекислого газа в атмосферу, согласно этому принципу, должно бы привести к аналогичному увеличению биомассы.

В настоящее время биомасса снижается, несмотря на возрастание  $\text{CO}_2$ .

***Следствие из принципа Ле Шателье-Брауна:*** в период наибольших потенциальных темпов развития системы возникают максимальные тормозящие эффекты. В зависимости от силы процесса, тормозящие эффекты

могут быть незаметны или скрыты. Примером может служить развитие популяции.

Появление новой популяции происходит на максимуме развития предыдущей. Это и называется принципом торможения развития.

##### *5. Правило затухания процессов.*

Насыщающиеся системы с увеличением степени равновесности с окружающей средой или внутреннего гомеостаза характеризуются затуханием в них динамических процессов. Это затухание может быть постепенным (медленным), или линейным, скачкообразным, лавинообразным или эквипотенциальным. Такое явление характерно для насыщающихся растворов (в химии), термодинамических систем (в физике); темпов размножения акклиматизированных животных; экономического развития стран и регионов и других социальных явлений.

Частный случай затухания: *закон растворения системы в чужой среде*. Установил геофизик Хильми.

При большой разнице культурного острова и окружающей его среды, в которой он находится, этот остров уничтожается. Это же затухание проявляется при искусственном сохранении экосистем малого размера. Например, в заповедниках видовой состав уменьшается, происходит его обеднение.

В социальных системах в обстановке усиления порядка и единообразия структур при отрицательной обратной связи социальная система не становится абсолютно закрытой, но она начинает искусственно ограничивать свои контакты, локализовать их, временно замыкаясь. Идеальный вид замкнутости представляет собой социальные «робинзонады»: в неблагоприятных условиях определенное человеческое сообщество вынуждено для самосохранения «уйти от мира». Так поступали в течение многих веков различные религиозные секты (в России – старообрядцы). Существовали и политические отшельники. В частности, такие группы были порождены гражданской войной в России, и, осев в разных странах, они создавали там замкнутые сообщества – очаги устойчиво самовоспроизводящейся русской культуры.

Такие сообщества существуют по синергетическим законам. Основным смыслом их существования является сохранение и воспроизводство своего прежнего статуса в неблагоприятных условиях отторгающей их среды. Поэтому они инстинктивно осознают, что добиться этого можно лишь абсолютной закрытостью, изолированностью от мира. Здесь создается система ограничений для контактов с людьми другой системы, перекрываются каналы информации (газеты, книги, радио, телевидение). Расплата за это добровольное обрубание положительной обратной связи –

диссипативное остывание, застой, стагнация (вспомним старообрядческую семью Лыковых с их бытовым укладом и представлением о мире уровня XVII в.). Замкнутость рождает такой тип устойчивости системы, который препятствует ее развитию. Доведение такой устойчивости до логического конца означает эволюционный тупик.

### **4.3. Обратные связи в живых организмах**

Способность живых организмов к самоорганизации, которая обеспечивает адаптацию живых организмов к окружающей среде, определяется действием обратных связей.

Обратные связи являются основными понятиями как в биологии, так и в кибернетике:

- ООС обеспечивает стабильность функций организма, постоянство его параметров, устойчивость к внешним воздействиям. Именно ООС является основным механизмом гомеостаза, энергетического и метаболического балансов, контроля численности популяций, саморегуляции эволюционных процессов.

- ПОС играет позитивную роль усилителя в процессах жизнедеятельности. Особое значение она имеет для роста и развития. Чем больше биомасса организма, тем больше его ассимиляторные возможности (усвоение организмом внешних, по отношению к нему, веществ). Под влиянием ПОС могут возникнуть отрицательные явления: ПОС может привести к возникновению порочного болезнетворного круга, когда болезнетворные воздействия, нарушающие норму, вызывают в организме изменения, еще больше благоприятствующие их действию.

Пример: сердечная недостаточность; инфаркт миокарда; резкое повышение температуры организма, которое может привести к гибели.

Если ООС способствует восстановлению исходного состояния, то ПОС уводит организм и его функции все дальше от исходного состояния.

ООС приобретает особое значение для систем биологического типа потому, что такого рода регулятор компенсирует любые воздействия и возмущения со стороны окружающей среды, природа которых даже неизвестна (например гипноз).

### **Влияние солнечной активности. Космические циклы**

Русский ученый А.Л. Чижевский исследовал влияние солнечной активности на все живое.

Главная идея А.Л. Чижевского – это связь исторических событий с солнечной активностью. В книге «Физические факторы исторического процесса» он высказал главную идею своих исследований: «Более или менее длительные исторические события, продолжающиеся в течение нескольких лет и получающие решительное проявление в эпоху максимума солнечной деятельности, а также сопутствующая этим событиям эволюция идеологий, массовых настроений и пр., протекают по всеобщему историческому циклу, претерпевая следующие ясно обнаруживаемые этапы:

- I. Период минимальной возбудимости.
- II. Период наступления возбудимости.
- III. Период максимальной возбудимости.
- IV. Период падения возбудимости.

Эти четыре этапа (назовем их периодами) стремятся быть вполне одновременными с соответствующими им эпохами солнечной деятельности: минимумом пятен, нарастанием максимума и убыванием максимума с переходом в минимум».

Такова идея функциональной связи общественной возбудимости (войн, революций, массовых движений) с солнечной активностью.

Изучив историю 80 стран и народов за 2500 лет, А.Л. Чижевский показал, что с приближением к годам максимума солнечной деятельности количество исторических событий с участием масс увеличивается и достигает своей наибольшей величины в эти годы. Наоборот, при минимумах активности солнца наблюдается минимум массовых движений.

Циклы солнечной активности: 1850; 600; 400; 178; 169; 88 лет; 83; 33; 22 года; 16,1; 11,5; 11,1; 6,6; 4,3 мес.

Эти циклы активности идут по убыванию.

Системы биосферы могут блокировать космическое воздействие, но нарушение экологических систем приводит к образованию озоновых дыр, через которые радиация проникает на Землю.

#### **4.4. Проблемы цивилизации**

1. На пределе производство энергии. Сейчас производится  $10^{10}$  т у.т. (тонна условного топлива). Критическое значение:  $1,7 \cdot 10^{10}$  т у.т. (после которого начнется спад).

Перспективы использования других источников:

- использование солнечных батарей;
- энергии ветра;

– энергии океана (подсчитано, что при уменьшении температуры воды в океане на один градус дает такое же количество энергии, которое дает вся энергетическая система России);

– водородное топливо;

– для изменения энергии предполагают изменить способы накопления информации: перейти на атомные ПК, у которых величина памяти больше, чем у существующих.

2. Проблема с потеплением климата.

3. Проблема с народонаселением. Считается, что к концу XXI в. народонаселение Земли достигнет 10 млрд чел. 90 % прироста населения падает на развивающиеся страны (Китай и др.). Сейчас прирост составляет 85 млн чел в год. Еще в 1891 г. Ревенстайп сделал точный прогноз, что к концу XX в. население Земли составит 5,9 млрд чел. (в 2004 г. население Земли составляло 6,3 млрд чел.). Он предсказал, что это будет пределом численности населения Земли, исходя из возможностей обеспечить эту численность продовольствием.

**Гипотеза Мальтуса:** механизмом регуляции численности людских популяций станут эпидемии и пандемии (эпидемии, охватившие весь Земной шар). Эти факторы зависят от численности популяций. Чем выше численность, плотность и подвижность населения, тем хуже состояние общего здоровья и большая вероятность шквального характера пандемии. Мальтус предполагал, что жертвами одной лишь эпидемии гриппа могут быть порядка 100 млн чел.

**Гипотеза Хойла:** атомные катастрофы на Земле происходят с периодом 5 тыс. лет.

В настоящее время более вероятной представляется гипотеза Мальтуса, потому что появляются новые болезни: коровье бешенство (Кройцфельдта-Якоба); СПИД; атипичная пневмония, птичий грипп и т.д.

#### **4.5. Анализ различий систем живой и неживой природы**

По определению Ляпунова, живая материя – сложный молекулярный агрегат (коацерватные капли), содержащий механизм передачи наследственной информации, которая обеспечивает сохраняющие реакции следующим поколениям.

1. Для неживой природы симметрия является основным состоянием, а асимметрия – это источник развития. Для живой природы основное состояние – асимметрия; симметрия – промежуточный этап развития.

2. Для неживой природы состояние равновесия – наиболее вероятное состояние; для живой – устойчивое неравновесие динамических процессов.

3. Процессы самоорганизации – редкое явление для неживой природы. Для живой – самоорганизация пронизывает все существование этих систем.

4. Живым системам свойственна способность сохранять постоянство внутренних параметров при изменении параметров внешней среды (гомеостаз). При этом саморегулирование живой природы осуществляется не хаотично, а в виде оптимизации системы. Регулирование осуществляется путем положительной и отрицательной обратных связей.

5. Живые организмы можно рассматривать как кибернетические системы.

6. Для живых систем является закономерным включение в действие механизма саморазрушения особи, после того как завершена функция размножения. Смерть – регулятор эволюционного процесса. Старение и смерть представляют собой активные деструктивные функции организма, биологически целесообразные для вида, отрицательные для индивидуума (например, мексиканская агава живет десятки лет и умирает после завершения функции размножения).

7. Способность живых организмов к регенерации (восстановление какого-либо органа). В эволюционном ряду способность к регенерации понижается.

8. Живым организмам свойственна способность себя воспроизводить, в отличие от неживой природы.

9. В.И. Вернадский писал, что основное различие живого и косного (неживого) вещества заключается в противоположном направлении их эволюций: «Природные процессы живого вещества в их отражении в биосфере увеличивают свободную энергию биосферы (I биогеохимический принцип). Все природные процессы в области естественных косных тел – за исключением явления радиоактивности – уменьшают свободную энергию среды» (биосферы).

Свободная энергия – это энергия, способная производить работу.

## 4.6. Мозг человека

Центральный отдел нервной системы состоит из нервной ткани серого и белого вещества. Серое вещество – скопление нервных клеток (нейронов); белое – нервных волокон (аксонов).

Головной мозг состоит из трех отделов:

1) большое полушарие (обеспечивает человеку речь, абстрактное мышление);

2) промежуточный мозг (центры обоняния, вкуса и эмоций);

3) мозговой ствол – самая древняя часть мозга. С ним связаны инстинкты, которыми обладали еще пресмыкающиеся (отдаленные предки). Мозговой ствол управляет глотанием, ритмом сердцебиения, кашлем, контролирует дыхание.

В ходе эволюции от австралопитека до гомосапиенса головной мозг увеличился в 3 раза. Масса мозга составляет в среднем 1,375 кг. Минимальная величина 0,9; максимальная – 2,8 кг.

Ранее считалось, что мыслительная способность человека пропорциональна массе мозга, отношению массы мозга к массе тела, количеству извилин. Оказалось, что среди людей с небольшой массой мозга имеются выдающиеся представители науки и искусства. Например, у А. Франса масса мозга 1,005 кг.

Однако известны случаи с отклонениями мыслительных способностей у людей с большой массой мозга. Поэтому, сейчас предполагают, что мыслительные способности зависят от особенностей поверхности мозга и «качества» серого и белого вещества.

По современным оценкам, в мозге человека больше 10 млрд нейронов (греч. «нейрон» – нерв).

Нейроны имеют объем порядка  $0,001 \text{ мм}^3$ , а массу – 0,00083 кг. В теле нейрона содержатся сотни тысяч химических веществ и 1000 ферментов (катализаторов), инициирующих (усиливающих) огромное множество биохимических реакций.

В нервной клетке имеется около 20 млн молекул РНК. Каждая из них повинуется инструкциям молекул ДНК.

Несхожесть нейронов обусловлена не только богатством их внутреннего строения, но и запутанностью связей с другими клетками.

Некоторые нейроны имеют до десятка тысяч таких контактов. Нейроны «переговариваются» друг с другом посредством различных химических кодов, передавая при этом сигналы с помощью веществ, которые называются **медиаторы** (медиа – множество).

В настоящее время известно приблизительно 40 медиаторов.

Мозг является генератором электрических импульсов. Мозг может вырабатывать импульсы мощностью 25 Вт. Ранее считалось, что нейроны человеческого мозга с возрастом начинают отмирать. Но около 20 лет назад немецкий ученый Г. Хауг доказал, что нервные клетки с возрастом не умирают, а сокращаются в размерах.

Уменьшение массы мозга начинается только после 60 лет. Это уменьшение невелико, к 90-летнему возрасту составляет 7–8 %. По мнению Хауга, это связано с некоторым обезвоживанием тканей.

Биохимики полагают, что обмен веществ в мозге раз в 10 интенсивнее, чем в других тканях.

Мозг питается кровью особого состава, у него особые выделения и яды. Каждую минуту мозг поглощает около 0,7 литров крови.

Что бы не происходило в организме, мозг требует питания в первую очередь.

Перерыв (хотя бы на 1 мин) снабжения мозга кислородом или глюкозой приводит к потере сознания, через 8 минут наступает смерть.

Во время сна мозг находится в более интенсивном кровоснабжении, чем во время бодрствования, хотя для мозга более естественны сменяющие друг друга 3–4 часовые периоды сна и бодрствования. Современный человек тратит на отдых не половину, а треть своей жизни.

Полушарии обладают функциональной асимметрией. Левое отвечает за абстрактно-аналитическое мышление; правое – эмоционально образное. Левое (полушарие «физика») – это речь, счет, логика, письмо; правое (полушарие «лирика») – музыка, зрительные образы, формы и структуры, ориентация в пространстве.

Установлено, что человек с одним правым полушарием может понимать простую речь и что у здоровых людей правое полушарие быстрее левого реагирует на образную информацию.

В ряде случаев звучание музыки активизирует работу левого полушария. Это происходит у тех людей, которые способны погружаться полностью в стихию мелодий и звуков.

Абстрактно-аналитическое мышление вносит в картину мира некоторую искусственную упорядоченность. Эмоционально-образное мышление обеспечивает естественную непосредственность восприятия мира, т.е. восприятие мира таким, каков он есть.

В терминах теории информации можно сказать, что левополушарное мышление уменьшает энтропию, хаотичность ситуации и организует информацию в некоторую систему. Эмоционально-образное мышление энтропию не изменяет.

## Здоровый образ жизни



Фото 4. Клонированная овечка Лолли

Власть над собой – самая высшая  
власть;  
порабощенность своими страстями –  
самое страшное рабство  
Сенека

Общеизвестно, что здоровый образ жизни исключает курение, наркотики, злоупотребление алкоголем и др. Однако знание этого, к сожалению, не означает, что человек будет придерживаться здорового образа жизни.

Знание естественных законов развития Мира стимулирует осознание необходимости поддержания здорового образа жизни. Развитие человечества на начальной стадии происходило на основе стихийного выполнения естественных потребностей.

Естественный отбор для цивилизации в целом оказывал «оздоравливающее» действие, а продолжительность жизни 2000 лет тому назад было в несколько раз меньше, чем в начале XXI века.

Появление антибиотиков и других лекарств снизило эффективность естественного отбора, увеличило продолжительность жизни. Но за это человечество заплатило понижением иммунитета. Поэтому сейчас особенно важно придерживаться здорового образа жизни.

Современные условия жизни людей приводят к так называемым «болезням цивилизации». В результате этого более половины людей, живущих на Земле, находятся в состоянии, которое лежит между здоровьем и болезнью. Классик античной медицины Гален назвал его «третьим состоянием». Помимо перечисленного ранее, опасность представляют генетически модифицированные (*GM*) продукты. В России принято постановление о запрещении ввоза продуктов *GM* без соответствующей маркировки. Здоровому образу жизни способствует умственный труд, ученые живут, как правило, долго.

## 4.7. Проблемы и достижения естественных наук

1. *Клонирование животных.* В 1996 г. появилась на свет клонированная овечка Долли. В полном соответствии с образным выражением: «Нужда рождает изобретение, изобретение – две нужды» – появился ряд проблем, связанных с продолжительностью жизни и здоровьем клонированных животных. 250 других клонированных животных погибли сразу после рождения, а овечка Долли была усыплена в 1996 г. в связи с заболеваниями костей.

В 2004 г. в США появился клон животного, произведенного на коммерческой основе. Это был Литтл Ники, по всей видимости самый дорогой котенок в мире. Он стоил хозяйке 50 тыс. долларов.

2. *Клонирование отдельных органов.*

Хирург-трансплантолог доктор Джей Ваканти из Массачусетского госпиталя в Бостоне вырастил в 1997 году на спине у мыши человеческую ушную раковину.

В 2002 г. доктор Джей Ваканти представил проект создания искусственной печени, пронизанной кровеносными сосудами, и уже опробовал на крысах.



Фото 5. Котенок Литтл Ники



Фото 6. Ушная раковина, выращенная на спине мыши

3. *Расшифровка генома человека.*

Число генов в геноме человека составляет около 32 ÷ 35 тыс., расшифровано только около 500, которые обеспечивают все важные процессы организма. Непонятно: зачем такое большое количество генов?

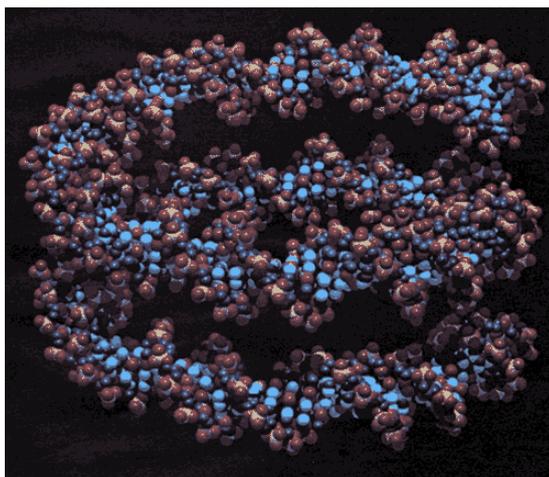


Фото 7. Молекула ДНК

ДНК – представляет собой двухцепочечный биологический полимер, мономерами которого являются нуклеотиды, содержащие одно из азотистых оснований, дезоксирибозу и остаток фосфорной кислоты. Полинуклеотидные цепи молекулы ДНК антипараллельны и соединены друг с другом водородными связями по принципу комплементарности. Двойная спираль, открытая в 1953 г. Уотсоном и Криком, содержит шаг размером 3,4 нм, включающем 10 пар комплементарно связанных оснований.

В 2006 году Эндрю Файер и Крейг Меллоу получили Нобелевскую премию за открытие РНК-интерференции – глушение генов «с помощью двухцепочечной РНК». Интерференция – наложение когерентных волн, в результате которого наблюдается перераспределение световой энергии в пространстве. В результате в одних местах получается усиление освещенности поверхности (увеличение световой энергии, в других – уменьшение (гашение)). В данном случае использована аналогия гашения световой энергии при интерференции и «глушения» отдельных генов РНК с помощью привносимой РНК.

Механизм РНК-интерференции, то есть «глушения» информационной РНК, мешает синтезированию кодируемого ДНК-белка. Этот механизм является защитным, предохраняющим клетку от РНК-вирусов и мобильных генетических элементов. Он может быть использован для блокирования нежелательных генетических проявлений. Так, недавние эксперименты на животных показали, что с помощью двухцепочечной РНК можно «погасить» ген, обуславливающий, например, высокий уровень холестерина в крови.

**4. Генетически модифицированные продукты.** Выращены генетически модифицированные растения: огурцы, помидоры, пшеница и т.д. (*GM* – генетически модифицированный продукт). Обнаружено вредное воздей-

ствии на человека этих продуктов. В России принят закон о необходимости обязательной маркировки *GM*-продуктов.

5. Академик, В.Л. Гинзбург Нобелевский лауреат, в 1999 году указал тридцать наиболее важных и интересных проблем физики и астрономии. Мы укажем те из них, с которыми в какой-то степени связан информационный материал данного курса:

1. Управляемый ядерный синтез.
2. Высокотемпературная и комнатно-температурная сверхпроводимость.
3. Металлический водород. Другие экзотические вещества.
4. Жидкие кристаллы. Сегнетоэлектрики.
5. Фуллерены. Нанотрубки.
6. Поведение вещества в сверхсильных магнитных полях.
7. Нелинейная физика. Турбулентность. Солитоны. Хаос. Странные аттракторы.
8. Единая теория слабого и электромагнитного взаимодействия.  $W^\pm$ - и  $Z^0$ -бозоны.
9. Стандартная модель. Великое объединение. Суперобъединение. Распад протона. Масса нейтрино. Магнитные монополи.
10. Экспериментальная проверка общей теории относительности.
11. Гравитационные волны, их детектирование.
12. Нейтронные звезды и пульсары. Сверхновые звезды.
13. Черные дыры. Космические струны.
14. Квазары и ядра галактик. Образование галактик.
15. Проблема темной материи (скрытой массы) и ее детектирование.

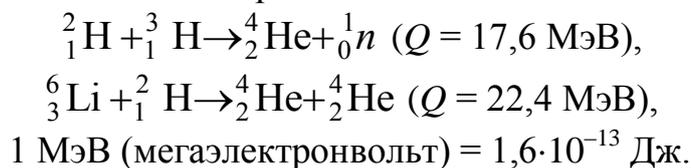
Что касается термоядерного синтеза, то в ноябре 2006 года достигнута договоренность о начале строительства международного термоядерного экспериментального реактора ИТЭР (ITER – International Thermonuclear Experimental Reactor).

Соглашение о создании международной организации ИТЭР подписали представители России, Европейского союза, Китая, Индии, Республики Корея, США и Японии («Поск», № 47 (913), 24 ноября 2006 г.).

Реактор будет сооружен в Кадараше (Франция) через 10 лет. Расчетная термодинамическая мощность ИТЭР составляет 500 МВт.

Как известно, термоядерный реактор использует энергию синтеза ядер изотопов водорода. Изотопы выгорают, не оставляя радиоактивных отходов. Реакция идет в высокотемпературной плазме ( $\sim 10^8$  К). При этом на единицу веса термоядерного топлива получается примерно в 10 млн раз больше энергии, чем при сгорании органического топлива, и примерно в 100 раз больше, чем при расщеплении ядер урана.

Сложность в создании реактора, работающего на термоядерном управляемом синтезе, заключается в удержании плазмы в рабочей области. Это осуществляется сильными магнитными полями специальной формы. Наибольшая энергия выделяется в реакциях:



#### 6. Открытие десятой планеты.

В Солнечной системе открыта новая планета, которая названа Седна. Она движется вокруг Солнца по своеобразной орбите, отличной от других орбит планет Солнечной системы. Радиус ее невелик, порядка 2000 км. Происхождение ее пока неизвестно. Предполагают, что Седна могла образоваться в Солнечной системе, либо оказалась захваченной из другой Системы.



Фото 8.

7. *Открытие антивещества.* В 1998 г. в ЦЕРНе (Европейский центр ядерных исследований, г. Женева) в ускорителе было получено 9 антиядер водорода. При аннигиляции вещества и антивещества выделяется огромное количество энергии, и это может служить новым источником энергии на Земле (оружием огромной разрушительной силы).

8. Под руководством академика Басова и Прохорова созданы оптические квантовые генераторы (лазеры). Они являются мощным источником излучения, способным осуществить термоядерную реакцию.

9. Под руководством академика Курчатова создана атомная энергетика. Благодаря этому, Россия получает заказы на строительство атомных электростанций в других странах.

10. *Открыты жидкие кристаллы.* Жидкие кристаллы – это промежуточное состояние вещества между жидким и твердым состоянием. Широко применяются в компьютерной технике.

11. *Открытие фуллеренов.* Фуллерены представляют собой полые внутри кластеры, замкнутая поверхность которых образована правильными многогранниками из атомов. Фуллерены – это новая форма углеродов. Молекулы их состоят из  $28 \div 240$  атомов углерода  $C_{12}$ . Своё название они получили в честь архитектора Ричарда Бакминстера



Ричард Фуллер

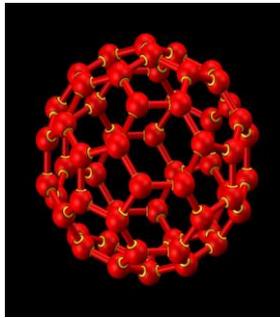
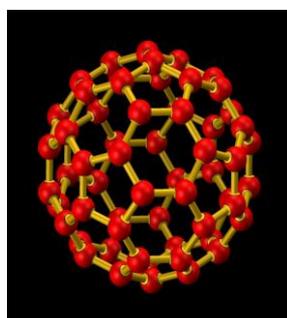
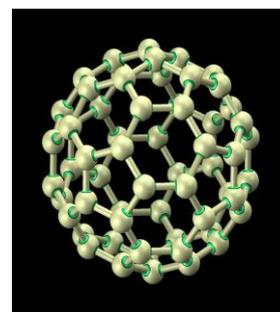
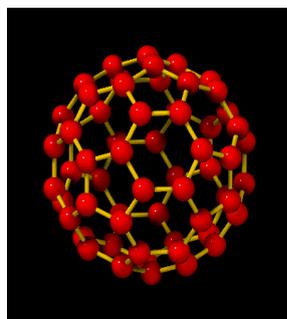
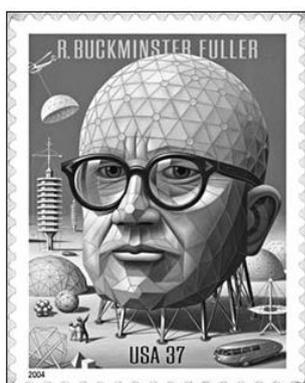


Фото 9. Модели молекул фуллера,

создавшего геодезические дома-купола из пяти-, шестиугольников.

Ричард Бакминстер Фуллер получил 25 американских патентов и множество почетных докторских научных степеней, был лауреатом 47 международных и американских почетных премий в области архитектуры, дизайна, инженерии, изящных искусств и литературы. В 1970-е он являлся признанным гуру дизайна и архитектуры.

Еще в начале 70-х годов их существование независимо друг от друга предсказали советские химики Д. Бочвар и Е. Гальперн и японский физик

Е. Осава. В 1985 году они были обнаружены экспериментально Г. Крото и Л. Смолли, а в 1990 г. В. Кречмером и Д. Хаффманом был предложен способ их получения в макроскопических количествах. С этого момента начался «фуллереновый бум» и поток открытий об их все более удивительных свойствах.

С их помощью можно выращивать новые кристаллы, создавать новые органические молекулы и материалы с заданными электронными, магнитными, оптическими свойствами. Например, новые катализаторы, высокоселективные адсорбенты, классы сверхпроводников, полупроводников, магнетиков и т.д. Фуллерены могут быть использованы для сверхплотной записи информации, покрытия поверхностей. Самолеты с покрытой фуллереном поверхностью становятся практически невидимыми для лазерных радаров (самолеты «Стелс»).

Самая поразительная способность фуллеренов – это целенаправленное выращивание химическими методами микрочипов размером с нейрон (в пробирке). В перспективе это означает создание карманных суперкомпьютеров. Кроме того, фуллерены используются для создания лекарств против некоторых форм рака.

**12. Унификация информационных технологий. Сотовая связь.** Информационная технология включает процессы: сбора, накопления, хранения, поиска, переработки и выдачи всей информации, необходимой для информационного обеспечения деятельности.

Современные технические средства информационных технологий включают широкий спектр вычислительных устройств – от многочисленных персональных компьютеров с оперативной памятью в десятки Гбайт до уникальных мощных суперкомпьютеров с оперативной памятью более 600 Гбайт и общей производительностью, превышающей 3000 млрд операций в секунду.

Создание современных типов компьютеров стало возможным благодаря достижениям естественных наук в области микроэлектроники и нанотехнологий (электроника – наука о взаимодействии электронов с электромагнитными полями и о методах создания электронных приборов).

Основу электронной базы микроэлектроники составляют интегральные схемы, выполняющие заданные функции блоков и узлов электронной аппаратуры. В узлах объединено большое число миниатюрных, связанных между собой элементов. По мере развития микроэлектроники уменьшаются размеры содержащихся в интегральной схеме элементов, повышается степень интеграции.

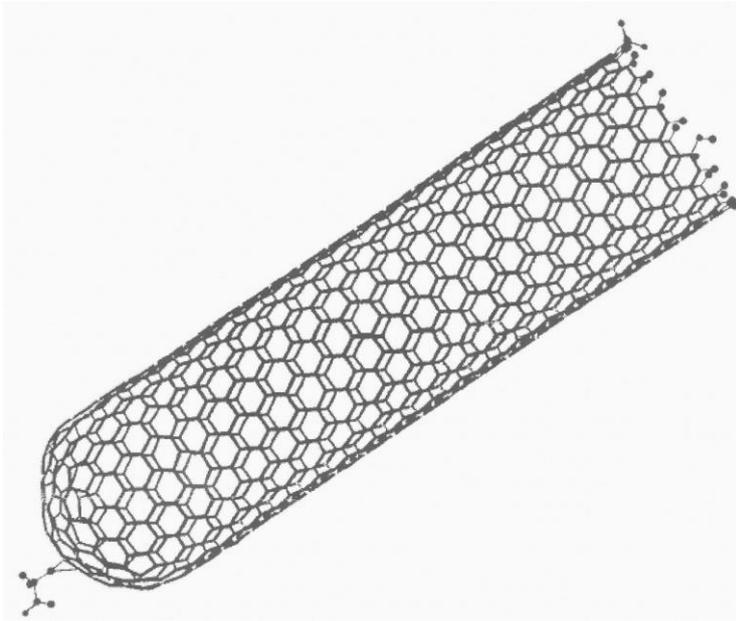


Рис. 40. Участок фуллереновой нанотрубки с одним открытым концом и продуктами присоединения

В последнее время разрабатываются интегральные схемы, размеры элементов которых определяются нанометрами ( $10^{-9}$  м), то есть зарождается наноэлектроника.

Достижения в микроэлектронике используются при создании космических кораблей, управляемых ядерных реакторов, аудио- и видеоаппаратуры и др. С помощью компьютерных сетей, объединяющих набор соединительных между собой ком-

пьютеров, коммуникационных устройств и каналов связи, создается глобальная компьютерная сеть – Интернет.

Развитие микроэлектроники позволило создать мобильные телефоны и сотовую связь.

**Принцип действия сотовой связи.** Основные составляющие сотовой связи – это мобильные телефоны и базовые станции. Базовые станции обычно располагают на крышах зданий и вышках. Будучи включенным, сотовый телефон прослушивает эфир, находя сигнал базовой станции. После этого телефон посылает станции свой уникальный идентификационный код. Телефон и станция поддерживают постоянный радиоконтакт, периодически обмениваясь пакетами. Связь телефона со станцией может идти по аналоговому протоколу или по цифровому. Если телефон выходит из поля действия базовой станции, он налаживает связь с другой (handover – англ.).

Большинство современных сотовых телефонов могут работать в нескольких стандартах, что позволяет пользоваться услугами роуминга в разных сотовых сетях. Сотовые сети также могут состоять из базовых станций разного стандарта, что позволяет оптимизировать работу сети и улучшить ее покрытие.

Зона покрытия одной базовой станции называется сотой. Сотовая связь есть лишь в тех местах, где есть связь с базовой станцией.

Сотовые сети разных операторов соединены друг с другом, а также со стационарной телефонной сетью. Это позволяет абонентам одного оператора делать звонки абонентам другого оператора, с мобильных телефонов на стационарные и со стационарных на мобильные.

В 2002 году выпущен первый сотовый телефон с поддержкой EDGE – Nokia 6200 (Nokia 6220).

В 2002 году выпущен первый сотовый телефон с встроенной цифровой камерой – Samsung V200.

Первый сотовый телефон с внутренним OLED-дисплеем был выпущен фирмой Sanyo.

Первый сотовый телефон с внешним OLED-дисплеем Fujitsu F504i.

**Устройство сотового телефона.** В пластмассовом корпусе маленького телефона, кроме аккумулятора, держателя карточки SIM и дисплея, деталей немного. Печатная плата, несколько распаянных на ней микросхем, встроенная приемно-передающая антенна, клавиатура (самая обычная «резинка» с пластмассовыми клавишами), световые индикаторы, еще крошечный фотомодуль в камерофонах – с пластмассовыми линзочками объектива и очень маленькой светочувствительной матрицей, спрятанной в корпусе модуля (сенсор намного меньше, чем в самом дешевом цифровом фотоаппарате, размером с рисовое зерно).

Впрочем, не будем забывать, что сотовая связь одна из последних (вместе с персональным компьютером и Интернетом) великих технологий прошлого века. Люди уже побывали на Луне, посадили на Венеру автома-

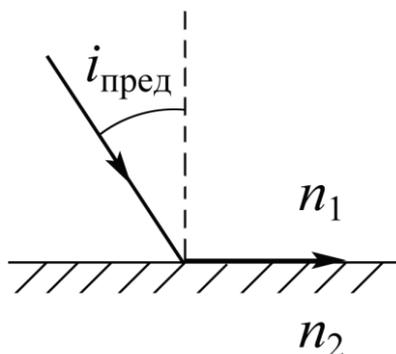


Рис. 41

тический зонд, опустили на дно глубочайшей в мире Марианской впадины, создали огромные воздушные и автомобильные транспортные системы, открыли строение атома и взорвали ядерную бомбу, а маленький радиотелефон с неограниченной зоной действия оставался лишь мечтой.

### 13. Открытие плазменных кристаллов.

Открыты плазменные кристаллы, которые можно получить только в Космосе. На Международной космической станции (МКС) из радиоактивной пыли получают особый вид кристаллов, который может быть использован для ликвидации ядерных отходов. В земных условиях получение этих кристаллов невозможно из-за действия силы гравитационного притяжения.

**14. Прототип «шапки-невидимки».** Группе британских и американских ученых удалось создать приспособление, которое как само может быть невидимым, так и скрывать находящиеся под ним предметы и даже

людей. Приспособление состоит из десяти стекловолоконных колец, покрытых специально обработанной при помощи нанотехнологий медью. Благодаря использованию явления полного внутреннего отражения, прибор обладает способностью изменять направление светового потока и тем самым лишать наблюдателей возможности видеть находящиеся в поле зрения объекты. Явление полного внутреннего отражения заключается в следующем: если направить свет из среды с большим показателем преломления  $n_1$  (оптически более плотной) в среду с меньшим показателем преломления  $n_2$  под углом, равным предельному углу падения  $i_{\text{пред}}$  (рис. 41), то интенсивность преломленного луча обращается в нуль, а интенсивность отраженного равна интенсивности падающего.

Таким образом, при углах падения в пределах от  $i_{\text{пред}}$  до  $\pi/2$  падающий луч не преломляется, а полностью отражается обратно в первую среду.

**15. Полеты к другим планетам.** На другие планеты были направлены космические корабли: на спутник Юпитера – Титан, на Венеру и Марс. Несколько марсоходов исследуют поверхность Марса. Найден минерал, который создается только при наличии воды. Отсюда делается вывод о том, что на Марсе когда-то была вода.

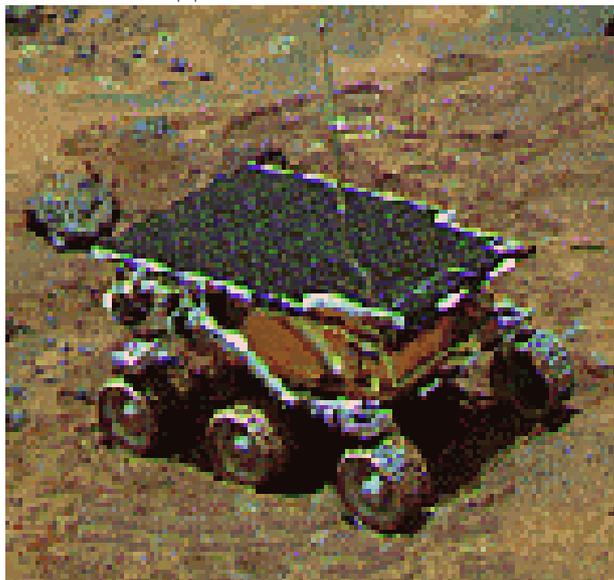


Фото 10. Марсоход «Спирит»



Фото 11. Межпланетный космический корабль

**16. Изменение генофонда в Китае.** В китайском г. Чунцин методом генетических проб отберут 50 самых талантливых подростков, из которых будут растить гениев. Принятие заявок на участие в генетическом конкурсе началось в 2009 году.

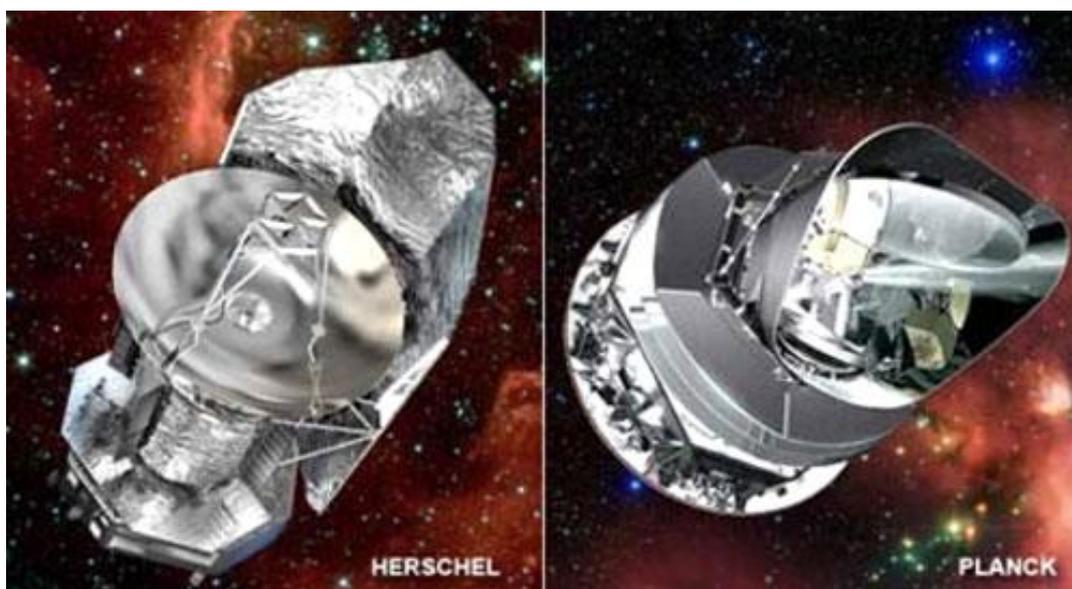
Пробы возьмут у тысячи подростков и направят в Шанхай, где специалисты оценят конкурсантов по 13 параметрам – в том числе по уровню интеллекта, эмоций и спортивных возможностей. Победители конкурса будут обучаться в специальном «Детском дворце».

**17. Телескоп «Гершель» и обсерватория «Планк» запущены в космос.** Крупнейший из когда-либо запускавшихся за пределы Земли телескоп «Гершель» отправился в космос в 2009 году с космодрома Куру во французской Гвиане. На орбиту «Гершель» выведет ракета-носитель Ariane-5. Помимо телескопа на борту ракеты находится космическая обсерватория «Планк». Орбиты аппаратов будут проходить на высоте 1,5 млн. километров.

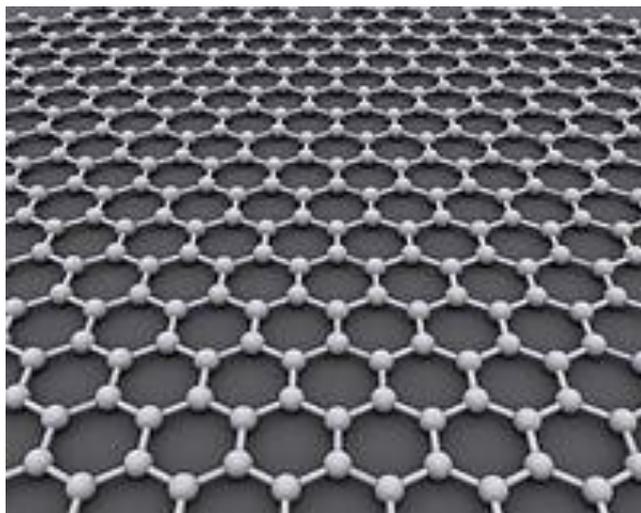
Диаметр главного зеркала «Гершель» составляет 3,5 метра. Это в 1,5 раза больше, чем у самого знаменитого орбитального телескопа «Хаббл». «Гершель» будет работать в инфракрасном и субмиллиметровом диапазонах, что позволит телескопу «видеть сквозь облака пыли и газа», которые осложняют обзор неба в оптическом диапазоне. Одна из основных задач миссии «Гершель» – изучение «новорожденных» звезд.

Орбитальная обсерватория «Планк» будет работать в микромиллиметровом диапазоне. Этот аппарат предназначен для изучения космического микроволнового фонового или реликтового излучения. Считается, что реликтовое излучение сохранилось во Вселенной со времен Большого взрыва, как это уже указывалось ранее.

Финальная орбита аппарата «Гершель» будет расположена на расстоянии 800 тысяч километров от второй точки Лагранжа, а аппарат «Планк» планируется вывести на так называемую орбиту Лиссажу с амплитудой в 400 тысяч километров. Радиус обращения «Планка» вдвое меньше, чем радиус орбиты «Гершеля», поэтому инженеры проведут ряд действий, чтобы сократить радиус вращения аппарата.



**18.** Открытие графена. Выпускники вузов России Андрей Гейм и Константин Новоселов получили, работая в Великобритании, новый материал и назвали его графен, обладающий совершенно удивительными свойствами. Графен представляет собой одноатомный слой, состоящий из атомов углерода с ковалентными связями между атомами, обладает сверхпроводимостью при высокой температуре, полученный в виде вещества, способен улавливать небольшое количество атомов и молекул вредных для здоровья человека и др.



Идеальная кристаллическая структура графена представляет собой гексагональную кристаллическую решетку

Нобелевская премия 2010 года по физике присуждена выходцам из России, работающим в Великобритании – Константину Новоселову и Андрею Гейму.



Андрей Гейм, гражданин Нидерландов, родился в 1958 году, в г. Сочи, Россия. В 1987 году получил степень кандидата наук в Институте физики твердого тела Российской Академии Наук в Черноголовке, Россия.

В настоящее время он директор Мнчестерского центра мезонауки и нанотехнологий. Профессор-исследователь Королевского общества, Манчестерский университет, Великобритания.

Константин Новоселов, гражданин Великобритании и России. Родился 23 августа 1974 года в г. Нижнем Тагиле, Россия. В 2004 году получил степень кандидата наук в Радбаудском университете в Ниймегене, Ни-

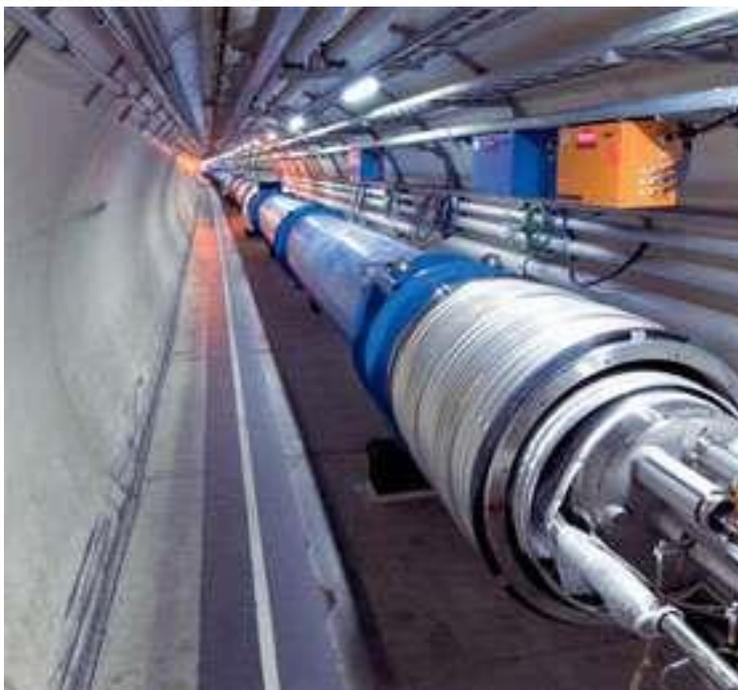
дерланды. Исследователь Королевского общества, профессор Манчестерского университета, Великобритания.

Гейм и Новоселов начали работать вместе еще в Нидерландах, затем они оба переехали в Великобританию.

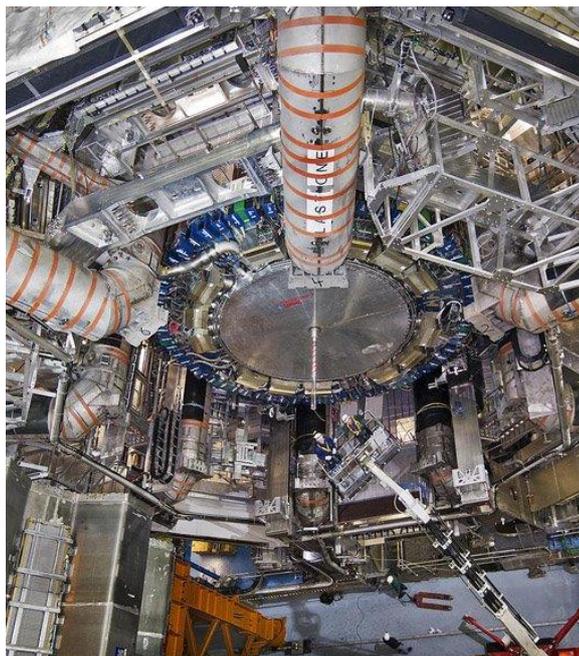
**19.** Из километровой скважины во льдах Антарктиды обнаружены микроорганизмы и семена растений, возраст которых порядка 30 тыс. лет. При размораживании микроорганизмы ожили, семена растений проросли и расцвели.

**20.** Запуск самого крупного из когда-либо существовавших ускорителя элементарных частиц – так называемого Большого адронного коллайдера.

Большой адронный коллайдер (англ. LHC, Large Hadron Collider), строился в исследовательском центре Европейского совета ядерных исследований CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) усилиями физиков всего мира. Он является ускорителем, предназначенным для ускорения протонов и тяжелых ионов.



Коллайдер размещен в гигантском тоннеле на глубине ста метров. Два пучка частиц будут двигаться по кольцу диаметром 27 километров в противоположных направлениях на огромной скорости – они будут разгоняться почти до скорости света.



Жорес Алферов считает что, запуск Большого адронного коллайдера никакой опасности для человечества не представляет.



**Бозон Хиггса** – самая неуловимая элементарная частица, поиском которой физики занимаются уже несколько десятилетий, – возможно, была обнаружена в ходе опытов, проводимых с использованием Большого ад-

ронного коллайдера (БАК), заявили ученые, ведущие эти исследования, на брифинге в Женеве.

Бозон Хиггса является фундаментальной частицей, одним из кирпичиков, из которых построена Вселенная. Он также – отсутствующий элемент в основной теоретической конструкции в физике элементарных частиц, известной как Стандартная модель.

Обнаружение бозона Хиггса было основной целью строительства гигантского коллайдера.

Именно эта частица является недостающим звеном, объясняющим природу одной из важнейших физических величин – массы.

Когда Вселенная начала остывать после Большого взрыва, сформировалась гипотетическая сила, известная как поле Хиггса, вместе с ее квантом, частицей, названной бозоном Хиггса.

Именно это поле (а не бозон) объясняет появление массы у частиц, сформировавших атомы. Без его существования частицы просто пронизали бы космос со световой скоростью. Известно, что частицы, имеющие массу, разгоняться до скорости света не могут.

То, как работает поле Хиггса, можно сравнить с поведением фотографов-папарацци и журналистов, которые, окружив кинозвезду, затрудняют ее передвижения по комнате или улице. Другими словами, они «придают массу» кинозвезде.

«Дело в том, что бозон Хиггса нужен нам, чтобы объяснить, что такое масса. Но на самом деле мы нуждаемся в нем, чтобы понять Вселенную», – сказала Тара Ширс, физик элементарных частиц из Ливерпульского университета.

13 декабря 2011 года в ЦЕРНе были представлены самые последние данные по поиску хиггсовского бозона на ЛНС. Предварительные данные указывают на то, что существует некая частица с массой около 125 ГэВ, которая выглядит очень похоже на хиггсовский бозон. Для окончательного решения потребуется дальнейший набор статистики, который начнется лишь весной следующего года.

Генеральный директор Европейской организации по ядерным исследованиям – ЦЕРН – Рольф-Дитрих Хойер направил сотрудникам электронное письмо, в котором сказано, что пока не стоит ожидать определенности относительно обнаружения бозона Хиггса.

Сбор данных продолжается. Он может подтвердить или опровергнуть слухи о бозоне Хиггса.

**21. Метаматериалы.** Метаматериалы (мета – под) не существуют в природе, пояснил ученый. Это исключительно рукотворные объекты, позволяющие за счет созданной неоднородности их структуры управлять

свойствами света и добиваться захватывающих эффектов. Метаматериалы – это композитные материалы, свойства которых обусловлены не столько физическими свойствами их компонентов, сколько микроструктурой.

Композитные материалы – искусственно созданные неоднородные сплошные материалы, состоящие из двух или более компонентов с четкой границей раздела между ними.

Главная особенность метаматериалов – то, что они обладают отрицательным показателем преломления света. Показатель преломления света – это величина, показывающая во сколько раз фазовая скорость электромагнитного излучения в вакууме ( $c$ ) больше скорости излучения в среде ( $v$ ):  $n = c/v$ . Показатель преломления вакуума равен единице. Для большинства оптических сред он больше единицы.

Первое теоретическое обоснование возможности существования метаматериалов было дано советским физиком Виктором Веселаго в 1968 году.

Долгое время «работающие» метаматериалы в силу ряда ограничений получить не удавалось. Однако недавно группа ученых под руководством В.Шалаева (профессор университета Пердью, США) показала, что материалы с отрицательным коэффициентом преломления, в которых практически нет потерь, реально создавать в оптическом диапазоне длин волн.

По своей структуре метаматериалы, созданные в Университете Пердью, напоминают рыбацкую сеть, ячейки которой состоят из серебра и окиси алюминия.

Создание и использование метаматериалов только начинается. Это задача новой области науки – трансформационной оптики, сказал Шалаев.

Метаматериалы позволяют, по словам ученого, «привести» свет к наномасштабу и далее им манипулировать. К примеру, работы в соответствующей области нанотехнологий – нанофотонике – позволят создавать устройства, гораздо быстрее обрабатывающие информацию, чем существующие компьютеры.

«Можно заставить свет огибать нужную часть пространства – и тогда получится шапка-невидимка», – привел наиболее популярный пример использования метаматериалов Шалаев.

«Герберт Уэллс, создавая своего человека-невидимку, сформулировал проблему почти с научной точностью», – сказал ученый.

Однако, по мнению специалиста, в трансформационной оптике есть гораздо более интересные вещи. Можно, к примеру, создать оптический аналог черной дыры – такую область пространства, которая будет затягивать в себя свет. Можно «заставить» свет концентрироваться в отдельной точке пространства. И уж совсем фантастично то, что метаматериалы поз-

воляют (правда, пока теоретически) моделировать различные задачи космологии.

Трансформационная оптика – та часть науки, в которой количество идей уже значительно опережает экспериментальные возможности. Тем не менее, по словам Шалаева, в ближайшее время следует ждать новых результатов, которые, в конечном счете, приведут к перевороту в разных областях науки и техники.

### Вопросы для самоконтроля

1. Почему живые организмы могут рассматриваться как кибернетические системы?
2. Какие вещества называются ферментами?
3. Сформулируйте I и II законы энергетической проводимости.
4. В чем суть принципа Ле Шателье–Брауна?
5. Сформулируйте следствие из принципа Ле Шателье–Брауна.

### СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**АВТОТРОФЫ** (продуценты) – организмы, способные к фото- и хемосинтезу и являющиеся в пищевой цепи первым звеном, созидателем органических веществ из неорганических.

**АНАБИОЗ** – состояние растительных и животных организмов, характеризующееся резким замедлением жизненных процессов в целях выживания при неблагоприятных условиях (в биологии). Временное снижение активности, прекращение какой-либо деятельности у человека.

**АККРЕЦИЯ** (лат. *accrētiō* «приращение, увеличение» от *accrēscere* «прирастать») – процесс падения вещества на космическое тело из окружающего пространства.

**Диски аккреции** – диски, образуемые газом, перетекающим на компактные звёзды (белые карлики, нейтронные звёзды, чёрные дыры) от звёзд-компаньонов в двойных системах. А. д. проявляют себя рентгеновским излучением, а в оптическом диапазоне затмениями видимой звезды, переменностью блеска вследствие неустойчивости или прецессии диска, а также характерным раздвоением спектральных линий.

**АРОМОРФОЗ** – главное направление эволюции. Основные ароморфозы в эволюции многоклеточных животных.

*Ароморфоз* – крупное эволюционное изменение. Оно обеспечивает повышение уровня организации организмов, преимущество в борьбе за существование, возможность освоения новых сред обитания.

Факторы, вызывающие ароморфозы – наследственная изменчивость, борьба за существование и естественный отбор.

Роль ароморфозов в освоении животными всех сред обитания, в совершенствовании способов передвижения, в активном образе жизни.

**АТФ** – аденозинтрифосфорная кислота – играет центральную роль в энергетическом обмене клетки, единый и универсальный источник энергообеспечения клетки.

**БИОГЕОЦЕНОЗ** – совокупность взаимосвязанных и взаимозависимых видов в пределах некоторого естественно ограниченного пространства.

**БИОГЕНЕТИЧЕСКИЙ ЗАКОН Геккеля–Мюллера** – закон, согласно которому онтогенез (развитие отдельного высшего организма) есть краткое и быстрое повторение филогенеза (стадий развития организмов).

**ГАМЕТА** (от греч. жена) – половая клетка с одинарным набором хромосом (гаплоид).

**ГАМЕТОГЕНЕЗ** – развитие половых клеток с одинарным набором хромосом.

**ГЕНОБИОЗ** и **ГОЛОБИОЗ**. До 1980-х годов имело место четко выраженное противостояние гипотез голобиоза и генобиоза. Оно обрело форму дискуссии при обсуждении вопроса, что старше – голый ген или белковый протобионт, или в иной терминологии – генетическая репродукция или метаболизм. В новых категориях эта дискуссия стала известна в 80-е годы как противостояние двух концепций, каждая по-своему, трактующих характер доклеточного предка – информационной (генетической) и субстратной (обменно-метаболической).

*Голобиоз* – методологический подход, основанный на идее первичности структур типа клеточной, наделенной способностью к элементарному обмену веществ при участии ферментного механизма (субстратная точка зрения А.Е. Опарина).

*Генобиоз* исходит из убеждения о первичности молекулярной системы со свойствами первичного генетического кода, т.е. первичной была не структура, способная к обмену веществ с окружающей средой, а макромолекулярная система, подобная гену и способная к саморегуляции (концепция Дж. Холдейна).

**ГЕНОТИП** – совокупность генов, который организм получает от родителей.

**ДИВЕРГЕНТНЫЙ ХАРАКТЕР** – расхождение признаков у родственных организмов в процессе их эволюции, появление нового вида, рода.

**ДИПЛОИД** – зигота – образуются при слиянии разнополой гамет и несут признаки обоих родителей.

**ЗООЦЕНОЗ** – совокупность взаимосвязанных и взаимозависимых видов животных, сложившаяся в пределах одного биоценоза. Обычно зооценоз служит функциональной частью биоценоза и неотделим от него. Зооценоз всегда составлен многими поколениями животных.

**КАТАСТРОФИЗМ** – основывается на принципе коренных качественных изменений органического мира после катастрофических изменений в природе и принципе прогрессивного восхождения органических форм после катастроф.

**КОНВЕРГЕНЦИЯ** (схождение признаков) – приобретение организмами сходных приспособлений в среде обитания.

**КОНСУМЕНТЫ** – организмы, потребляющие готовые органические вещества, создаваемые продуцентами, но в ходе потребления не доводящие разложение органических веществ до простых минеральных составляющих.

К *консументам* относятся все растительноядные, паразитические и хищные животные, часть микроорганизмов, паразитические и насекомоядные растения. Различают *консументы* первого (растительноядные животные), второго и других порядков (хищники и паразиты). Все животные – консументы, и их роль в поддержании устойчивого биогенного круговорота очень велика (консумент и означает потребитель).

**МИТОЗ** – способ деления клеток, обеспечивающий тождественное распределение генетического материала между дочерними клетками и преемственность хромосом в ряду клеточных поколений.

(Фазы деления: профазы, метафазы, анафазы, телофазы).

**МЕЙОЗ** – специфическое деление клетки, при котором происходит уменьшение хромосом в два раза.

**МЕТАБОЛИЗМ** – обмен веществ в организме, скорость обмена веществ в организме изменяют: ферменты, гормоны, витамины.

**НАДЦАРСТВО ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ:** прокариоты, эукариоты.

*Прокариоты* – организмы, не обладающие оформленными клеточными ядрами и типичным хромосомным аппаратом.

*Эукариоты* – организмы, обладающие клетками с оформленными ядрами, ограниченными от цитоплазмы ядерными оболочками; к эукариотам относятся все животные и большинство растений.

**ОНТОГЕНЕЗ** (от греч. он. род. падеж *ontos* – существо, *genesis* – рождение, происхождение) – процесс развития индивидуального (высшего) организма.

**ОРГАНОГЕНЫ**: углерод, водород, кислород, азот, фосфор и сера.

**ПАРСЕК** – единица измерения расстояний в астрономии, равная 206265 астрономическим единицам, что составляет  $30,857 \cdot 10^{12}$  км. Сокращенное обозначение: русское – пс, международное – pc. Расстояние, выраженное в парсеках, представляет собой обратную величину годичного параллакса. Так расстоянию, в 10 пс соответствует параллакс 0,1", расстоянию в 1 пс – **ПАРАЛЛАКС**, равный 1" (с этим связано и название «Парсек»). Парсек равен 3,26 светового года (расстояние, которое свет проходит за один год –  $9,46 \cdot 10^{15}$  м).

**ПРОКАРИОТИЧЕСКИЕ КЛЕТКИ** (карио – ядро) – безъядерные клетки бактерий и сине-зеленых водорослей.

**РИБОСОМЫ** – внутриклеточные частицы, состоящие из РНК и белков. Функция рибосом – синтез белка группой рибосом (полисомой).

**САПРОФИТЫ** – расстояния и микроорганизмы, питающиеся органическим веществом умерших организмов (бактерии и грибы).

**СИМБИОГЕНЕЗ** – гипотеза о происхождении некоторых внутриклеточных структур в результате серии симбиозов (*symbiosis* – совместная жизнь).

**СИМБИОЗ** – форма совместного существования двух организмов разных видов; мутуалистический симбиоз – выгодный для обоих симбионтов.

**СТАСИГЕНЕЗ** – существование данной формы организма в течение длительного исторического времени.

**ФЕНОТИП** – совокупность внешних и внутренних признаков организма.

**ФИЛОГЕНЕЗ** – стадия (эволюционное) развитие организма.

**ХИРАЛЬНОСТЬ**. Понятие хиральности появилось давно. Лорд Кельвин в 1893 году говорил, что фигуру можно назвать хиральной, «если ее отражение в зеркале не совпадает при наложении (подобно рукам человека)». Да и сам термин «хиральный» происходит от английского слова «*chirality*» (от греч. «*cheir*» рука). Как химическое явление хиральность иначе называют оптической изомерией. Вселенная асимметрична на всех уровнях (и на макро- и на микроуровнях). Так, явление хиральности прослеживается от молекул до ядерных реакций (существуют левые нейтрино и правые антинейтрино). Хиральность является неотъемлемым свойством живой материи.

**ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИЙ** – процесс, сопровождающийся выделением энергии.

**ЭНДОТЕРМИЧЕСКИЙ** – процесс, сопровождающийся поглощением энергии.

## ТЕЗАУРУС

**Тезаурус** (от греч. θησαυρός – сокровище) в современной лингвистике – особая разновидность словарей общей или специальной лексики, в которых указаны семантические отношения (синонимы, антонимы, паронимы, гипонимы, гиперонимы и т.п.) между лексическими единицами. Таким образом, тезаурусы, особенно в электронном формате, являются одним из действенных инструментов для описания отдельных предметных областей.

В отличие от толкового словаря, тезаурус позволяет выявить смысл не только с помощью определения, но и посредством соотнесения слова с другими понятиями и их группами, благодаря чему может использоваться в системах искусственного интеллекта.

В прошлом тезаурус обозначались по преимуществу словари, с максимальной полнотой представлявшие лексику языка с примерами ее употребления в текстах.

Первым тезаурусом в современном смысле слова стал английский Тезаурус Роже.

## Тезаурус 2009

### 1. Эволюция научного метода и естественнонаучной картины мира

#### Тема 1-01-01. Научный метод познания

##### Методология

Свойства научного знания (*объективность; достоверность; точность; системность*)

##### Эмпирическое и теоретическое познание

Методы научного познания (*наблюдение; измерение; индукция; дедуция; анализ; синтез; абстрагирование; моделирование; эксперимент*)

##### Гипотеза

##### Требования к научным гипотезам:

– *соответствие эмпирическим фактам*

– *проверяемость (принципы верификации и фальсификации)*

##### Научная теория

##### Область применимости теории

##### Принцип соответствия

### **Тема 1-01-02. Естественнонаучная и гуманитарная культуры**

Естествознание как комплекс наук о природе (естественных наук)

Дифференциация наук

Интеграция наук

Гуманитарные науки

Гуманитарно-художественная культура, её основные отличия от научно-технической (*субъективность знания; нестрогий образный язык; выделение индивидуальных свойств изучаемых предметов; сложность (или невозможность) верификации и фальсификации*)

Математика как язык естествознания

Псевдонаука как имитация научной деятельности

Отличительные признаки псевдонауки (*фрагментарность (несистемность); некритический подход к исходным данным; невосприимчивость к критике; отсутствие общих законов; неверифицируемость и/или нефальсифицируемость псевдонаучных данных*)

### **Тема 1-01-03. Развитие научных исследовательских программ и картин мира (история естествознания, тенденции развития)**

Научная (исследовательская) программа

Научная картина мира

Древняя Греция: появление программы рационального объяснения мира

Принцип причинности в первоначальной форме (каждое событие имеет естественную причину) и его позднейшее уточнение (причина должна предшествовать следствию)

Атомистическая исследовательская программа Левкиппа и Демокрита: всё состоит из дискретных атомов; всё сводится к перемещению атомов в пустоте

Континуальная исследовательская программа Аристотеля: всё формируется из непрерывной бесконечно делимой материи, не оставляющей места пустоте

Взаимодополнительность атомистической и континуальной исследовательских программ

Научная (или натурфилософская) картина мира как образно-философское обобщение достижений естественных наук

Фундаментальные вопросы, на которые отвечает научная (или натурфилософская) картина мира (*о материи; о движении; о взаимодействии; о пространстве и времени; о причинности, закономерности и случайности; о космологии (общем устройстве и происхождении мира)*)

Натурфилософская картина мира Аристотеля

Научные картины мира: механическая, электромагнитная, неклассическая (1-я половина XX в.), современная эволюционная

#### **Тема 1-01-04. Развитие представлений о материи**

Фалес: проблема поиска первоначала

Абстракция материи

Механическая картина мира: единственная форма материи – вещество, состоящее из дискретных корпускул

Электромагнитная картина мира: две формы материи — вещество и непрерывное электромагнитное поле

Волна как распространяющееся возмущение физического поля

Эффект Доплера: зависимость измеряемой длины волны от взаимного движения наблюдателя и источника волн

Современная научная картина мира: формы материи – вещество, физическое поле, физический вакуум

#### **Тема 1-01-05. Развитие представлений о движении**

Гераклит: идея безостановочной изменчивости вещей

Учение Аристотеля о движении как атрибуте материи и разнообразии форм движения

Механическая картина мира: единственная форма движения – механическое перемещение

Электромагнитная картина мира: движение – не только перемещение зарядов, но и изменение поля (распространение волн)

Понятие состояния системы как совокупности данных, позволяющих предсказать её дальнейшее поведение

Движение как изменение состояния

Химическая форма движения: химический процесс

Биологическая форма движения: процессы жизнедеятельности, эволюция живой природы

Современная научная картина мира: эволюция как универсальная форма движения материи

Многообразие форм движения, их качественные различия и несводимость друг к другу

#### **Тема 1–01-06. Развитие представлений о взаимодействии**

Представления Аристотеля о взаимодействии: одностороннее воздействие движущего на движимое; первоначальная форма концепции близкодействия (передача воздействия только через посредников, при непосредственном контакте)

Механическая картина мира (возникновение концепции **взаимодействия** (*третий закон Ньютона*); *открытие фундаментального взаимодействия (закон всемирного тяготения)*; *принятие концепции дальнего действия (мгновенной передачи взаимодействия через пустоту на любые расстояния)*)

Электромагнитная картина мира (*открытие второго фундаментального взаимодействия (электромагнитное)*; *возврат к концепции близкого действия (взаимодействие передаётся только через материального посредника – физическое поле – с конечной скоростью)*; *полевой механизм передачи взаимодействий (заряд создаёт соответствующее поле, которое действует на соответствующие заряды)*)

Современная научная картина мира (*четыре фундаментальных взаимодействия (гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое)*; *квантово-полевой механизм передачи взаимодействий (заряд испускает виртуальные частицы-переносчики соответствующего взаимодействия, поглощаемые другими аналогичными зарядами)*; *частицы-переносчики фундаментальных взаимодействий (фотоны, гравитоны, глюоны, промежуточные векторные бозоны)*)

Фундаментальные взаимодействия, преобладающие между объектами (*микромира (сильное, слабое и электромагнитное)*; *макромира (электромагнитное)*; *мегамира (гравитационное)*)

## 2. Пространство, время, симметрия

### Тема 1-02-01. Принципы симметрии, законы сохранения

Понятие симметрии в естествознании: инвариантность относительно тех или иных преобразований

Нарушенные (неполные симметрии)

Эволюция как цепочка нарушений симметрии

Простейшие симметрии (*однородность (одинаковые свойства во всех точках)*; *изотропность (одинаковые свойства во всех направлениях)*)

Симметрии пространства и времени (*однородность пространства; однородность времени; изотропность пространства; анизотропность времени*)

Теорема Нётер как общее утверждение о взаимосвязи симметрий с законами сохранения

Закон сохранения энергии как следствие однородности времени

Закон сохранения импульса (количества поступательного движения) как следствие однородности пространства

Закон сохранения момента импульса (количества вращательного движения) как следствие изотропности пространства

### **Тема 1-02-02. Эволюция представлений о пространстве и времени**

Понимание пространства и времени как инвариантных самостоятельных сущностей (пустота у древнегреческих атомистов; Абсолютные пространство и время Ньютона)

Понимание пространства и времени как системы отношений между материальными телами (пространство как категория места, время как мера движения у Аристотеля; изменение пространственных и временных промежутков при смене системы отсчёта у Эйнштейна)

Классический закон сложения скоростей как следствие ньютоновских представлений об Абсолютном пространстве и Абсолютном времени

Концепция мирового эфира

Нарушение классического закона сложения скоростей в опыте Майкельсона–Морли

Современная научная картина мира:

– *отказ от идеи Абсолютных пространства и времени, мирового эфира и других выделенных систем отсчета*

– *признание тесной взаимосвязи между пространством, временем, материей и её движением*

### **Тема 1-02-03. Специальная теория относительности**

Принцип относительности Галилея

Принцип относительности (первый постулат Эйнштейна): законы природы инвариантны относительно смены системы отсчёта

Инвариантность скорости света (второй постулат Эйнштейна)

Постулаты Эйнштейна как проявление симметрий пространства и времени

Основные релятивистские эффекты (следствия из постулатов Эйнштейна): *относительность одновременности; относительность расстояний (релятивистское сокращение длин); относительность промежутков времени (релятивистское замедление времени); инвариантность пространственно-временного интервала между событиями; инвариантность причинно-следственных связей; единство пространства-времени; эквивалентность массы и энергии*

Соответствие СТО и классической механики: их предсказания совпадают при малых скоростях движения (гораздо меньше скорости света)

### **Тема 1-02-04. Общая теория относительности**

Общая теория относительности (ОТО): распространение принципа относительности на неинерциальные системы отсчета

Принцип эквивалентности: ускоренное движение неотлично никакими измерениями от покоя в гравитационном поле

Взаимосвязь материи и пространства-времени: материальные тела изменяют геометрию пространства-времени, которая определяет характер движения материальных тел

Соответствие ОТО и классической механики: их предсказания совпадают в слабых гравитационных полях

Эмпирические доказательства ОТО: *отклонение световых лучей вблизи Солнца; замедление времени в гравитационном поле; смещение перигелиев планетных орбит*

### **3. Структурные уровни и системная организация материи**

#### **Тема 1-03-01. Микро-, макро-, мегамиры**

Вселенная в разных масштабах: *микро-, макро- и мегамир*

Критерий подразделения: *соизмеримость с человеком (макромир) и несоизмеримость с ним (микро- и мегамир)*

Основные структуры микромира: *элементарные частицы, атомные ядра, атомы, молекулы*

Основные структуры мегамира: *планеты, звёзды, галактики*

Единицы измерения расстояний в мегамире: *астрономическая единица (в Солнечной системе), световой год, парсек (межзвёздные и межгалактические расстояния)*

Звезда как небесное тело, в котором естественным образом происходили, происходят или с необходимостью будут происходить реакции термоядерного синтеза

Атрибуты планеты: *не звезда; обращается вокруг звезды (например, Солнца); достаточно массивно, чтобы под действием собственного тяготения стать шарообразным; достаточно массивно, чтобы своим тяготением расчистить пространство вблизи своей орбиты от других небесных тел*

Галактики – системы из миллиардов звёзд, связанных взаимным тяготением и общим происхождением

Наша Галактика, её основные характеристики: *гигантская (более 100 млрд. звезд); спиральная; диаметр около 100 тыс. световых лет*

Пространственные масштабы Вселенной: расстояние до наиболее удалённых из наблюдаемых объектов более 10 млрд. световых лет

Вселенная, Метагалактика, разница между этими понятиями

**Тема 1-03-02. Системные уровни организации материи (данная тема только для специальностей, в ГОС которых отсутствует биологический уровень организации материи)**

Целостность природы

Системность природы

Аддитивные свойства систем (аддитивность)

Интегративные свойства систем (интегративность)

Совокупности, не являющиеся системами, например, созвездия (участки звёздного неба, содержащие группы звёзд с характерным рисунком) и др.

Иерархичность природных структур как отражение системности природы: структуры данного уровня входят как подсистемы в структуру более высокого уровня, обладающую интегративными свойствами

Иерархические ряды природных систем:

– *физических (фундаментальные частицы – составные элементарные частицы – атомные ядра – атомы – молекулы – макроскопические тела)*

– *химических (атом – молекула – макромолекула – вещество)*

– *астрономических (звёзды с их планетными системами – галактики – скопления галактик – сверхскопления галактик)*

**Тема 1-03-03. Структуры микромира**

Элементарные частицы

Фундаментальные частицы – по современным представлениям, не имеющие

внутренней структуры и конечных размеров (например, кварки, лептоны)

Частицы и античастицы

Классификация элементарных частиц: *по участию во взаимодействиях: лептоны, адроны; по времени жизни: стабильные (протон, электрон, нейтрино), нестабильные (свободный нейтрон) и резонансы (нестабильные короткоживущие)*

Взаимопревращения элементарных частиц (*распады, рождение новых частиц при столкновениях, аннигиляция*)

Возможность любых реакций элементарных частиц, не нарушающих законов сохранения (энергии, заряда и т.д.)

Вещество как совокупность корпускулярных структур (кварки – нуклоны – атомные ядра – атомы с их электронными оболочками)

Размеры и масса ядра в сравнении с атомом

**Тема 1-03-04. Химические системы**

Атом

Изотопы

Невозможность классического описания поведения электронов в атоме

Дискретность электронных состояний в атоме

Организация электронных состояний атома в электронные оболочки

Переходы электронов между электронными состояниями как основные атомные процессы (возбуждение и ионизация)

Химический элемент

Молекула

Вещества: *простые и сложные (соединения)*

Понятие о качественном и количественном составе вещества

Катализаторы

Биокатализаторы (ферменты)

Полимеры

Мономеры

### **Тема 1-03-05. Особенности биологического уровня организации материи**

Системность живого

Иерархическая организация живого: клетка – единица живого

Иерархическая организация природных биологических систем: *биополимеры – органеллы – клетки – ткани – органы – организмы – популяции – виды*

Иерархическая организация природных экологических систем: *особь – популяция – биоценоз – биогеоценоз – экосистемы более высокого ранга (саванна, тайга, океан) – биосфера*

Химический состав живого: *элементы-органогены, микроэлементы, макроэлементы, их основная роль в живом*

Химический состав живого: атом **углерода** – главный элемент живого, его уникальные особенности:

– *способность атомов связываться друг с другом с образованием разнообразных структур, являющихся несущей основой органических молекул*

– *способность связываться с другими атомами близких радиусов (кислородом, азотом, серой) с образованием менее прочных связей (возникновение функциональных групп), которые обуславливают химическую активность органических соединений*

Химический состав живого: **вода**, ее роль для живой природы:

– *высокая полярность воды и как следствие – химическая активность и высокая растворяющая способность*

– высокая теплоемкость воды, высокие теплоты испарения и плавления – основа для поддержания температурного гомеостаза живых организмов и регулирования тепла планеты

– аномальная плотность в твердом состоянии – причина существования жизни в замерзающих водоемах

– высокое поверхностное натяжение – жизнь на поверхности гидросферы, передвижение растворов по сосудам растений

Химический состав живого: особенности органических биополимеров как высокомолекулярных соединений – высокая молекулярная масса, способность образовывать пространственные и надмолекулярные структуры, разнообразие строения и свойств

Симметрия и асимметрия живого

Хиральность молекул живого

Открытость живых систем

Обмен веществ и энергии

Самовоспроизведение

Гомеостаз как относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды живой системы

Каталитический характер химии живого

Специфические свойства ферментативного катализа: чрезвычайно высокая избирательность и скорость, главные причины которых – комплементарность фермента и реагента, высокомолекулярная природа фермента

#### 4. Порядок и беспорядок в природе

**Тема 1-04-01. Динамические и статистические закономерности в природе**

Детерминизм (жесткий) как идея полной предопределённости всех будущих событий

Критика концепции детерминизма Эпикуром, его учение о неустрашимой случайности в движении атомов

Механи(сти)ческий детерминизм как:

– утверждение о единственно возможной траектории движения материальной точки при заданном начальном состоянии;

– лапласова концепция полной выводимости всего будущего (и прошлого) Вселенной из её современного состояния с помощью законов механики

Детерминистское описание мира: динамическая теория, которая однозначно связывает между собой значения физических величин, характеризующих состояние системы

Примеры динамических теорий: *механика; электродинамика; термодинамика; теория относительности*

Описание систем с хаосом и беспорядком: **статистическая теория**, которая однозначно связывает между собой **вероятности** тех или иных значений физических величин

Основные **понятия статистической** теории: *случайность (непредсказуемость); вероятность (числовая мера случайности); среднее значение величины; флуктуация (случайное отклонение системы от среднего (наиболее вероятного) состояния)*

Примеры статистических теорий: *молекулярно-кинетическая теория (исторически первая статистическая теория); квантовая механика, другие квантовые теории; эволюционная теория Дарвина*

Соответствие динамических и статистических теорий: их предсказания совпадают, когда можно пренебречь флуктуациями; в остальных случаях статистические теории дают более глубокое, детальное и точное описание реальности

#### **Тема 1-04-02. Концепции квантовой механики**

Корпускулярно-волновой дуализм как всеобщее свойство материи

Мысленный эксперимент «микроскоп Гейзенберга»

Соотношение неопределенностей координата-импульс (скорость)

Принцип дополнительности как утверждение о том, что:

– *невозможны невозмущающие измерения (измерение одной величины делает невозможным или неточным измерение другой, дополнительной к ней величины)*

– *полное понимание природы микрообъекта требует учёта как его корпускулярных, так и волновых свойств, хотя они не могут проявляться в одном и том же эксперименте*

– *(в широком смысле) для полного понимания любого предмета или процесса необходимы несовместимые, но взаимодополняющие точки зрения на него*

Статистический характер квантового описания природы

#### **Тема 1-04-03. Принцип возрастания энтропии**

Формы энергии: тепловая, химическая, механическая, электрическая

Первый закон термодинамики – закон сохранения энергии при ее превращениях

Первый закон термодинамики как утверждение о невозможности вечного двигателя первого рода

Изолированные и открытые системы

Второй закон термодинамики как принцип возрастания энтропии в изолированных системах

Изменение энтропии тел при теплообмене между ними  
Второй закон термодинамики как принцип направленности теплообмена (от горячего к холодному)  
Второй закон термодинамики как утверждение о невозможности вечного двигателя второго рода  
Энтропия как мера молекулярного беспорядка  
Энтропия как мера информации о системе  
Второй закон термодинамики как принцип нарастания беспорядка и разрушения структур  
Закономерность эволюции на фоне всеобщего роста энтропии  
Энтропия открытой системы: производство энтропии в системе, входящий и выходящий потоки энтропии  
Термодинамика жизни: добывание упорядоченности из окружающей среды

#### **Тема 1-04-04. Закономерности самоорганизации. Принципы универсального эволюционизма**

Синергетика – теория самоорганизации  
Междисциплинарный характер синергетики  
Самоорганизация в природных и социальных системах как самопроизвольное возникновение упорядоченных неравновесных структур в силу объективных законов природы и общества  
Примеры самоорганизации в простейших системах: *ячейки Бенара, реакция Белоусова-Жаботинского, спиральные волны*  
Необходимые условия самоорганизации: *неравновесность и нелинейность системы*  
Признак неравновесности системы: *протекание потоков вещества, энергии, заряда и т.д.*  
Диссипация (рассеяние) энергии в неравновесной системе  
Диссипативная структура – неравновесная упорядоченная структура, возникшая в результате самоорганизации  
Пороговый характер (внезапность) явлений самоорганизации  
Точка бифуркации как момент кризиса, потери устойчивости  
Синхронизация частей системы в процессе самоорганизации  
Понижение энтропии системы при самоорганизации  
Повышение энтропии окружающей среды при самоорганизации  
Универсальный эволюционизм как научная программа современности, его принципы: *все существует в развитии; развитие как чередование медленных количественных и быстрых качественных изменений (бифуркаций); законы природы как принципы отбора допустимых состояний из всех мыслимых; фундаментальная и неустраняемая роль случайности и не-*

*определенности; непредсказуемость пути выхода из точки бифуркации (прошлое влияет на будущее, но не определяет его); устойчивость и надежность природных систем как результат их постоянного обновления*

## **5. Панорама современного естествознания**

### **Тема 1-05-01.Космология (мегамир)**

Космология – наука о Вселенной в целом, ее строении и эволюции  
Космологические представления Аристотеля: шарообразная неоднородная Вселенная

Геоцентрическая система мира Птолемея

Гелиоцентрическая система мира Коперника

Ньютоновская космология: *безграничная, бесконечная, однородная и неизменная Вселенная*

Общая теория относительности как теоретическая основа современной научной космологии

Вселенная Эйнштейна: *однородна, изотропна и равномерно заполнена материей, преимущественно в форме вещества*

Космологическая модель Фридмана: Вселенная нестационарна

Наблюдаемая однородность Вселенной в очень больших масштабах

Наблюдательное подтверждение нестационарности Вселенной: *красное смещение в спектрах галактик, возникающее благодаря эффекту Доплера при их удалении от наблюдателя (разбегание галактик)*

Закон Хаббла: скорость разбегания галактик пропорциональна расстоянию до них

Постоянная Хаббла

Возраст Вселенной – понятие (время, прошедшее с момента начала расширения) и современные оценки (12 – 15 млрд. лет)

Понятие о космологической сингулярности

### **Тема 1-05-02.Общая космогония (структуры мегамира)**

**(данная тема только для специальностей, в ГОС которых отсутствует биологический уровень организации материи)**

Космогония — наука о происхождении и развитии космических тел и их систем

Основной космогонический сценарий: гравитационная конденсация рассеянного вещества

Основные методы звёздной космогонии: *построение теоретических моделей строения и эволюции звёзд; наблюдение большого числа звёзд, находящихся на разных стадиях эволюции*

Процессы, обеспечивающие свечение звёзд: *гравитационное сжатие, термоядерный синтез, охлаждение горячих недр*

Основные характеристики звёзд: *спектр излучения, температура поверхности, светимость, размер, масса*

Диаграмма Герцшпрунга–Рессела, основные области на ней: *главная последовательность; гиганты и сверхгиганты; белые карлики*

Основные этапы эволюции звезды: *гравитационное сжатие (прото-звезда); термоядерное «горение» водорода (звезда главной последовательности); потеря устойчивости после исчерпания запасов водорода в центре звезды (раздувание и сбрасывание внешних слоёв, гравитационный коллапс, вспышка Сверхновой)*

Конечные стадии эволюции звёзд: *белые карлики, нейтронные звёзды, чёрные дыры*

Солнце – нормальная звезда главной последовательности, его возраст

Солнечное излучение, солнечный ветер

Происхождение химических элементов

**Тема 1-05-03. Происхождение Солнечной системы (структуры мегамира) (данная тема только для специальностей, в ГОС которых отсутствует биологический уровень организации материи)**

Состав Солнечной системы: *планеты, карликовые планеты, астероиды, кометы, метеороиды*

Основные особенности устройства Солнечной системы:

– *подавляющая часть массы Солнечной системы сосредоточена в Солнце, а не в планетах*

– *подавляющая часть количества вращательного движения (момента импульса) Солнечной системы принадлежит планетам, а не Солнцу*

– *орбиты всех планет лежат практически в одной плоскости (плоскости эклиптики), совпадающей с плоскостью солнечного экватора*

– *все планеты обращаются вокруг Солнца в одном направлении («прямом»)*

– *большинство планет вращается вокруг своих осей в том же направлении («прямом»)*

– *ближайшие к Солнцу планеты земной группы (Меркурий, Венера, Земля, Марс) — сравнительно небольшие, каменные*

– *более удалённые планеты-гиганты (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун) – большие, содержащие много лёгких летучих веществ*

Гипотеза Канта – Лапласа о происхождении Солнечной системы (гравитационное сжатие вращающейся туманности), объясняемые ею особенности устройства Солнечной системы

Современные представления о формировании Солнечной системы как сложном комплексе разнообразных процессов

#### **Тема 1-05-04. Геологическая эволюция**

Земля как планета, ее отличия от других планет земной группы

Химический состав Земли

Магнитное поле Земли, его структура и роль для жизни на планете

Внутреннее строение Земли (*ядро внутреннее и внешнее, мантия, земная кора*)

методы исследования (сейсморазведка)

Формирование прото-Земли из планетезималей, её гравитационное сжатие, разогрев и начало дифференциации

Эволюция земной коры: *тектоника литосферных плит, её движущие силы*

Возраст Земли, методы его оценки (радиометрия земных горных пород и метеоритов)

Возникновение океанов и атмосферы

Атмосфера Земли, ее структура (*тропосфера, стратосфера, ионосфера*) и химический состав

#### **Тема 1-05-05. Происхождение жизни (эволюция и развитие живых систем)**

Первичная атмосфера Земли

Абиогенный синтез

Предбиологический отбор

Коацерваты, гетеротрофы, автотрофы, анаэробы, аэробы, прокариоты, эукариоты

Голобиоз, генобиоз

Исторические концепции происхождения жизни: *креационизм, гипотеза панспермии, биохимическая эволюция, постоянное самозарождение, стационарное состояние*

#### **Тема 1-05-06. Эволюция живых систем**

Эволюция, ее атрибуты: *самопроизвольность, необратимость, направленность*

Дарвинизм

Генофонд

Борьба за существование

Синтетическая теория эволюции, ее основные положения:

– *элементарная эволюционная структура – популяция*

– *элементарный наследственный материал – генофонд популяции*

– *элементарное явление эволюции – изменение генофонда популяции*

– *элементарные эволюционные факторы: мутационный процесс, популяционные волны, изоляция, естественный отбор; их эволюционное значение*

– *единственный направляющий фактор эволюции — естественный отбор*

Микроэволюция, макроэволюция

**Тема 1-05-07. История жизни на Земле и методы исследования эволюции (эволюция и развитие живых систем)**

Понятия о геологических эрах и периодах

Связь границ между эрами с геологическими и палеонтологическими изменениями

Некоторые важнейшие ароморфозы: фотосинтез, эукариоты, многоклеточные

Основные таксономические группы растений и животных и последовательность их эволюции: *рыбы; земноводные (амфибии); пресмыкающиеся (рептилии); птицы; млекопитающие; голосеменные; покрытосеменные; цветковые*

Прокариоты, филогенез, онтогенез, адаптация, ароморфоз

Понятие о флоре, фауне

Методы исследования эволюции: *палеонтология (ископаемые переходные формы, палеонтологические ряды, последовательность ископаемых форм)*

Методы исследования эволюции: *биогеография (сопоставление видового состава с историей территорий, островные формы, реликты)*

Методы исследования эволюции: *морфологические методы (установление связи между сходством строения и родством сравниваемых форм, рудиментарные органы, атавизмы)*

Методы исследования эволюции: *эмбриологические методы (зародышевое сходство, принцип рекапитуляции)*

Методы исследования эволюции: *генетические, экологические, методы биохимии и молекулярной биологии*

**Тема 1-05-08. Генетика и эволюция**

Генетика

Ген

Аллель

Рецессивные и доминантные гены

Гомозиготы, гетерозиготы

Хромосомы

Геном

Генотип

Фенотип

Свойства генетического материала: *дискретность, непрерывность, линейность, относительная стабильность*

Изменчивость: наследуемая (генотипическая, мутационная)

Изменчивость: ненаследуемая (фенотипическая, модификационная)  
Свойства мутаций: *случайность, внезапность, ненаправленность, неоднократность и наследуемость*

## **6. Биосфера и человек**

### **Тема 1-06-01. Экосистемы (многообразие живых организмов - основа организации и устойчивости биосферы)**

Понятия об экосистеме и биогеоценозе

Элементы экосистем (биотоп, биоценоз)

Биотическая структура экосистем: продуценты, консументы, редуценты как компоненты круговорота, обеспечивающего целостность экосистем

Биоразнообразие как основа устойчивости живых систем

Виды природных экосистем (озеро, лес, пустыня, тундра, ..., океан, биосфера)

Пищевые (трофические) цепи, пирамиды

Энергетические потоки в экосистемах, правило 10%

Экологические факторы: *биотические и абиотические факторы, антропогенные факторы* *Формы биотических отношений (хищник-жертва, паразитизм, нейтрализм)*

Толерантность, пределы толерантности

Среда обитания и экологическая ниша

### **Тема 1-06-02. Биосфера**

Понятие о биосфере

Вещество: *живое, косное, биокосное, биогенное*

Системные свойства биосферы: *постоянство массы живого вещества в ходе геологических периодов*

Системные свойства биосферы: *постоянство числа видов на протяжении геологических периодов*

Геохимические функции живого вещества: *газовая; концентрационная; деструктивная; средообразующая; энергетическая*

Биогенная миграция атомов химических элементов

Биогеохимические принципы миграции: стремление к максимуму проявления

Биогеохимические принципы миграции: эволюция видов, увеличивающих биогенную миграцию

### **Тема 1-06-03. Человек в биосфере**

Антропогенез

Палеонтология

Приматы

Основные этапы эволюции рода *Homo* и его предшественников (стадиальная концепция): протоантропы (австралопитеки), архантропы, палеоантропы, неантропы

Виды: *Человек умелый (Homo habilis)*; *Человек прямоходящий (Homo erectus)*; *Человек разумный (Homo sapiens)*

Характерные особенности человека: *трудовая деятельность, использование огня, развитие речи, способность к абстрактному мышлению, наличие фонда культурной информации в человеческих сообществах*

Возрастание роли социальных эволюционных факторов (передача накопленных знаний, технологий, традиций) и ослабление биологических (движущего и деструктивного отбора, изоляции, популяционных волн)

Неолитическая революция

Экологические последствия неолитической революции

Козволюция

**Тема 1-06-04. Глобальный экологический кризис (экологические функции литосферы, экология и здоровье)**

Загрязнение окружающей среды: *ингредиентное; физическое (или параметрическое); деструктивное*

Индикаторы глобального экологического кризиса: *антропогенное изменение химического состава атмосферы; деградация лесных, земельных, водных ресурсов; снижение биоразнообразия*

Понятие ноосферы как этапа развития биосферы при разумном регулировании отношений человека и природы

Устойчивое развитие как компромисс между стремлением человечества удовлетворять свои потребности и необходимостью сохранения биосферы для будущих поколений

## Список литературы

1. Г.В. Ерофеева, В.В. Ларионов, И.П. Чернов. Курс современного естествознания: учебное пособие. –Томск; Из-во ТПУ, 1999. – 100 с.
2. Т.Я. Дубнищева. Концепции современного естествознания: учебник /под ред. академика РАН М.Ф. Жукова. – Новосибирск: ООО «Изд-во ЮКЗА», 1997. – 832 с.
3. М.И. Потеев. Концепции современного естествознания. – М.: Питер, 1999. – 350 с.
4. В.К. Воронов, М.В. Гречнева, Р.З. Сагдеев. Основы современного естествознания: учебное пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1999. – 376 с.
5. Г. Хакен. Информация и самоорганизация. – М.: Мир, 1993. – 360 с.
6. Г. Николис, И. Пригожин. Самоорганизация в неравновесных системах: пер.с англ./ под ред. Ю.Л. Климоновича. –М.: Мир, 1979. – 512 с.
7. В. Амбарцумян. Философские вопросы науки о Вселенной. – Ереван, 1973. – 423 с.
8. Г. Рузавин. Самоорганизация и организация экономики и поиск новой парадигмы экономической науки //Вопросы экономики. № 11, 1993. С.24–32.
9. И. Пригожин. От существующего к возникающему. Время и сложность в физических науках: пер.с англ./ под ред. Ю.Л. Климоновича. –М.: Наука, 1985. – 324 с.
10. М. Эйген, П. Шустер. Гиперциклы. –М: Мир, 1982. – 270 с.
11. Н.Д. Реймерс. Экология: теории, законы, правила, принципы и гипотезы. –М.: Россия молодая, 1994. – 364 с.
12. Физический энциклопедический словарь под ред. А.М. Прохорова. – М.: Научное из-во «Большая Российская энциклопедия», 1995. – 928 с.
13. Д.К. Самин. Сто великих научных открытий. –М.: Вече, 2002. – 474 с.
14. Д.К. Самин. Сто великих ученых. –М.: Вече, 2002. – 586 с.
15. Концепции современного естествознания: учебное пособие /под ред. С.И. Самыгина. – Ростов н/Д: Феникс, 2000. – 576 с.
16. А.В. Усова. Краткий курс истории физики. –М.: Педагогика, 2003. – 186 с.
17. В.В. Стогний, Г.А. Стогний. Физика Земли: учебное пособие. – Якутск: Изд-во Якутского университета, 2000. – 190 с.
18. А.Д. Суханов, О.Н. Голубева. Концепции современного естествознания для гуманитарного направления. – Нижний Новгород: Из-во Ни-

жегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, 1998. – 156 с.

19. О.Л. Кузнецов, П.Г. Кузнецов, Б.Е. Большаков. Система природа – общество – человек. Устойчивое развитие. Ч.1. –Дубна, 2000. – 177 с.
20. Ю.И. Тюрин, И.П. Чернов, Ю.Ю. Крючков. Физика. Ч. I, II, III. – Томск: Изд-во ТГУ, 2003–2005. – 1500 с.
21. А.Н. Бабушкин. Современные концепции естествознания: курс лекций. Изд-во «Лань», 2004. – 224 с.
22. С.Х. Карпенков. Основные концепции естествознания: учебное пособие для вузов. –М.: Академический проект, 2002. – 368 с.
23. В.К. Воронов, М.В. Гречнева, Р.З. Сагдеев. Основы современного естествознания: учебное пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1999. – 376 с.