

Воронежский государственный педагогический университет
Кафедра общей физики

В.В. Свиридов

Очерк истории естествознания

Учебное пособие

Воронеж
Версия 2013 г.

Электронный ресурс

<http://phys.vspu.ac.ru/staff/Sviridov/Lectures/Очерк истории естествознания.pdf>

*Вы можете использовать данный материал
в образовательном процессе Вашего вуза,
просто запросив на это согласие автора*

Свиридов, В.В. Очерк истории естествознания: Учебное пособие / В.В. Свиридов – Воронеж: Кафедра общей физики ВГПУ. — 124 с.

Популярный очерк эволюции естественнонаучной картины мира, начиная с Фалеса и заканчивая дарвинизмом и электромагнитной картиной мира (XIX век). Живо и увлекательно обсуждаются генезис ключевых идей и понятий естествознания, их взаимосвязь с историей цивилизации и значение в рамках общечеловеческой культуры.

Пособие может быть использовано студентами и преподавателями высших учебных заведений при изучении и преподавании дисциплин «Концепции современного естествознания», «Естественнонаучная картина мира», «История и методология естествознания», «Исторические аспекты становления естественных наук» и т.п. Будет полезно учителям, ведущим естествознание в школе. Представляет интерес для широкого круга читателей, интересующихся историей и перспективами научного познания.

© В.В. Свиридов, 2013

Оглавление

Предисловие	5
Эволюция естественнонаучной картины мира	9
1. Классическая античная натурфилософия	9
1.1. Понимание мироздания на Древнем Востоке	9
1.2. Ионийцы: «Что есть всё?»	12
1.3. Диалектика Гераклита.....	15
2. Противоречия однородности и непрерывности.....	16
2.1. Пифагор и пифагорейцы	16
2.2. Парменид: теоремы об общих свойствах бытия... ..	19
2.3. Четыре стихии Эмпедокла	22
2.4. Каверзные вопросы Зенона.....	24
2.5. Ранние атомистические учения	26
3. Аристотелева картина мира	28
4. Развитие представлений о природе в эпоху эллинизма.....	36
4.1. Успехи в математике и астрономии.....	36
4.2. Атомистическое учение Эпикура-Луcretия	40
4.3. Биологические представления античности	43
5. Зарождение научного метода	44
5.1. Раннехристианская схоластика	44
5.2. Зарождение научного метода	48
5.3. Создание научного метода.....	52
6. Механическая картина мира.....	54
6.1. «Дайте мне материю и движение...»	54
6.2. Ньютон: первая научная картина мира.....	58
7. Поиски системы в мире живого.	64
7.1. Великие биологические открытия XVII века.....	64
7.2. Механический материализм и витализм	65
7.3. Система живого по Линнею	67
8. Развитие эволюционных представлений в естествознании.....	69
8.1. Эволюционные концепции Бюффона и Ламарка .	69
8.2. Концепция катастрофизма Кювье.....	72
8.3. Великие биологические открытия XVIII-XIX веков	74
8.4. Дебаты о возрасте Земли	76
8.5. Дарвинизм	77

9. Электромагнитная картина мира.....	79
Литература.....	84
Приложение Материалы для конструирования программ по интегрированным естественнонаучным дисциплинам	88
Пояснительная записка	88
Модуль 0.1. Естествознание и культура.....	91
Модуль 1.1. Эволюция научного метода.....	93
Модуль 1.2. Математика — язык науки.....	95
Модуль 1.3. Законы движения.....	97
Модуль 1.4. Закономерность случайности.....	100
Модуль 1.5. Универсальность эволюции.....	102
Модуль 2.1. Дискретность и непрерывность в природе. .	106
Модуль 2.2. Симметрия природы и ее законов.....	107
Модуль 2.3. Современная физическая картина мира.....	109
Модуль 2.4. Современная биологическая картина мира.....	111
Модуль 2.5. Естественнонаучная информационная картина мира.....	114
Указатель имен	118

Предисловие

Сейчас наука должна привести человека ближе к природе. Мы слишком оторвались от нее, забыв, что сам человек — часть природы. Надо вернуться назад к ней, сойти с позиции, что «человек — царь природы». Нет — он просто ее элемент. И надо в соответствии с этим строить нашу жизнь...

И.Р. Пригожин

В идеале, цель образования заключается в том, чтобы не столько научить определенным правилам решения задач, определения звезд, химических веществ, растений и животных, сколько приобщить нового члена социума к культуре, созданной за тысячелетнюю историю человечества. В наше время пришло понимание того, что **неотъемлемой и важнейшей частью общечеловеческой культуры являются достижения естественных наук.**

Знание естественных наук, а, главное, научного метода, воздействуя на самый характер мышления, способствует выработке адекватного отношения к окружающему миру. Любому человеку важно знать, что мир познаваем, причем познаваем рационально; что им управляют объективные законы, которые нельзя отменить или обойти ни с помощью Бога, ни с помощью колдунов и экстрасенсов, ни с помощью гипотетических инопланетян. Особенную ценность и убедительность этим идеям придает то обстоятельство, что они выстраданы человечеством в ходе тысячелетнего драматического поиска истины. Наука есть во многом такое же создание человека, как книги, картины и симфонии, одухотворенное мучительными сомнениями и духовными подвигами ее творцов, имеющая своих героев и отступников, свою высокую мораль и свою потаенную красоту.

«Наука не существует помимо человека и есть его создание, как его созданием является слово, без которого не может быть науки. Находя правильности и законности в окружающем его мире, человек неизбежно сводит их к себе, к своему слову и к своему разуму. В научно выраженной истине всегда есть отражение — может быть чрезвычайно большое — духовной личности человека, его разума».

В.И. Вернадский

Перестройка образования, идущая на наших глазах, преследует, в числе прочих, цель сделать его менее специализированным, односторонним, более разносторонним и вместе с тем цельным, фундаментальным. С этой целью в программы высшего образования вводятся новые междисциплинарные курсы, призванные дать картину взаимосвязи между идеями и результатами отдельных естественных наук. Число учебных пособий и методических разработок по таким дисциплинам мало, особенно если брать в расчет те, которые демонстрируют действительно интегративный подход. Книга, которую вы виртуально «держите в руках», призвана в какой-то степени заполнить эту брешь. Она основана на многолетнем опыте автора в области разработки и реализации школьных и вузовских курсов «Естественно-научная картина мира», «Концепции современного естествознания», «Естествознание» и им подобных. Этот опыт и его осмысление применительно к новым задачам позволяют сделать вывод, что такие курсы:

- 1) необходимы для формирования мировоззрения, в котором заинтересовано общество, на всех специальностях, как естественных, так и гуманитарных;
- 2) эффективны и с интересом воспринимается аудиторией;
- 3) должны рассматривать идеи и концепции естественных наук не как нечто, данное здесь и сейчас, а в процессе их рождения, конкурентной борьбы при обязательном соотношении и увязке с событиями общего исторического прогресса цивилизации

Обсуждение последнего момента труднее всего найти в имеющейся литературе, и настоящее пособие посвящено прежде всего ему.

Автор старался сделать так, чтобы книга представляла интерес для читателей с самыми разными направлениями и уровнями подготовки. Для достижения этой цели широко используется система **вставок**, выделяемых курсивом и более темным фоном. Они играют роль своего рода иллюстраций и представляют собой цитаты из книг или высказываний авторитетов, рефераты источников или пересказ их отдельных положений, заметки по поводу, пояснения и даже анекдоты, позволяющие ярче высветить ту или иную сторону обсуждаемого вопроса.

«Пояснительные выражения объясняют темные мысли».
К. Прутков

Ключевые понятия, определения, тезисы и имена ключевых персонажей той драмы идей, которая называется «Познание мира», выделены **жирным курсивом**. В конце книги имеется указатель имен.

Значительное место в книге занимает приложение, адресованное преподавателям и разработчикам. В приложении собраны и структурированы материалы для разработки интегрированных естественнонаучных дисциплин. Преподаватели высших учебных заведений могут использовать эти материалы как заготовку для составления программы курса с учетом ориентации и подготовленности аудитории, объема учебного плана, последних научных достижений, предпочтений самого лектора и эволюции этих предпочтений. Студентам же он может быть полезен прежде всего как **библиографический источник**, поскольку каждый блок Конструктора снабжен довольно объемным списком рекомендуемой классической литературы.

Поскольку невозможно быть специалистом по всем вопросам, затрагиваемым в таком курсе, как «Концепции современного естествознания» и аналогичных ему, — нельзя

объять необъятного! — то автор, будучи доктором лишь физико-математических наук, не мог и не пытался давать *только* оригинальные интерпретации. Свою задачу он видел прежде всего в том, чтобы найти, отобрать и свести в нечто цельное знания и мнения людей, более сведущих в отдельных вопросах, прибавив от себя там, где есть что сказать самому. В книге приводятся важнейшие ссылки, но специфика жанра учебного пособия не позволила указывать автора каждой мысли или вывода — это сделало бы текст слишком тяжелым для чтения.

Автор отдает себе отчет в несовершенстве представляемого произведения, принимает на себя ответственность за ошибки и неверные интерпретации, которые в нем обнаружатся, и заранее благодарит за указания на них.

Эволюция естественнонаучной картины мира

1. Классическая античная натурфилософия

Началом философии было ощущение ничем не ограниченного мышления и ничем не ограниченного эмпирического постижения мира.

Б.Г. Кузнецов

1.1. Понимание мироздания на Древнем Востоке

Наука в современном понимании этого слова появилась лишь в XVIII веке, когда был введен в употребление научный метод. Однако некоторые из фундаментальных представлений, лежащих в основе научной картины мира, имеют гораздо более древний возраст. Так, идея естественной обусловленности и естественного порядка в природе зародилась несколько тысячелетий назад в цивилизациях Древнего Востока (Китай, Индия, Вавилон, Египет). Однако в этих цивилизациях дело не пошло дальше тенденции, дальше смутных идей. На путь рационалистического мышления, отказа от религиозно-мифологической космологии человеческая культура вступила впервые в Древней Греции в VI веке до нашей эры. Как заметил Л.Н. Гумилев, три других известных в этот период очага культуры — Северная Персия, Индия и Средний Китай — дали не просто иные решения вопросов бытия, но и **иные постановки** самих этих вопросов.

Нельзя не сказать несколько слов о личности и трудах Льва Гумилева (1912–1992). Сын поэтов Николая Гумилева и Анны Ахматовой, пройдя войну и сталинские лагеря, он стал первоклассным ученым, работавшим на стыке истории, географии, этнографии. Выполнив ряд фундаментальных исследований исторической судьбы древних народов (тюрков, хуннов, хазар), он пришел к идее нового взгляда на историю человечества как на

совокупность процессов этногенеза, то есть возникновения, расцвета и увядания этносов — больших групп людей, объединенных общностью вмещающего и кормящего ландшафта и обусловленных им стереотипов поведения, впечатывающихся в личность «с молоком матери». Л.Н. Гумилев рассматривал этногенез как естественный, природный процесс. Как таковой, он подчиняется объективным закономерностям, которые были продемонстрированы ученым на многих известных исторических и географических фактах и которые, как это полагается в естествознании, дают возможность содержательного предсказания тенденций текущих процессов в геосфере.

Этническая история, этнология, созданная Гумилевым, не отменяет истории социальной, а дополняет ее: социально-экономические отношения обуславливают крупномасштабный, непрерывный исторический прогресс, который складывается из локальных и конечных во времени всплесков этногенеза. Каждая из них, будучи явлением прежде всего природным, не является сама по себе прогрессивной или регрессивной.

Л.Н. Гумилев писал (даже свои диссертации!) превосходным живым, местами даже разговорным языком. На его лекциях в Ленинградском университете аудитории не могли вместить всех, привлеченных его широчайшей эрудицией, интересными идеями и блестящей манерой общения. Трудно переоценить тот вклад, который он воздействием своей яркой личности и своими работами внес в интеграцию человеческой культуры.

В VI веке до нашей эры **Заратуштра**, уроженец восточноиранского города Балх, заявил, что дело не в том, из чего состоит мир; дело в разнице между светом, который олицетворяет огненный Ормузд, и мраком — темным Ариманом. Все, что происходит на свете, есть проявление битвы между двумя этими началами — абсолютным добром и абсолютным злом, безусловным плюсом и безусловным минусом. Характерны средства распространения нового учения: Заратуштра добился того, что царь персов Ксеркс *запретил* почитание старых богов.

Индия, VII–VI века до н.э. — время жизни Сиддхарты Шакья, **Будды**. Он не интересовался не только устройством мира, считая его обманом чувств, но и тем, кто из богов

лучше. Будда учил, что человеку следует заботиться только о спасении своей души. Пока длится цепочка перевоплощений души, всегда есть опасность, что в очередной раз она воплотится в теле, скажем, крокодила или, того хуже, демона. Единственный способ спасти душу, законсервировав ее в Нирване, вечном покое, — это избавиться от страданий, а для этого надо избавиться от желаний. Дело это трудное, но возможное, и зависит только от самого человека, от его последовательности в самосовершенствовании. Боги и демоны совершенствоваться не могут, и потому у них свои проблемы, а у человека — свои. Рассказывают, что одна женщина спросила Будду: «Учитель, я привыкла молиться Индре, могу ли я при этом спастись?» Он ответил: «Молись Индре, этим путем ты тоже придешь к спасению».

Китай VII–V веков до н.э. представлял собой арену непрерывных беспощадных войн. Поэтому ощущалась нужда не в решении проблем мирового порядка, а в достижении хоть какого-то порядка между людьми. Мыслитель той эпохи **Кун Цзы** (Конфуцзы, Конфуций) сказал, что для этого следует ввести просвещение и научить людей чувству долга. Созданное им учение решает этические проблемы. В нем, например, четко расписаны категории долга и правила поведения как для простых людей, так и для ванов (князей).

Лао Цзы, современник Конфуция (впрочем, сейчас склоняются к тому, что жил он лет на двести позже), пошел по другому пути. Он считал, что все установления человеческие несовершенны и потому лучше всего вести себя как можно более тихо и незаметно, не вмешиваясь в дела других. Еще лучше уйти в горы и жить там, подражая птицам и животным и внимательно наблюдая природу. Таким образом, Лао Цзы все-таки обращал внимание учеников на устройство мира, и это принесло свои плоды: считают, что благодаря именно этой идеологии бумага, фарфор, порох оказались китайскими изобретениями. Однако его система содержала очень сильное ограничение: он учил, что причи-

ной и сущностью мира является таинственное начало — *дао*, — которое присутствует во всем вместе, но не проявляется ни в каком отдельном явлении, ***принципиально не познаваемо и не выразимо словами***. Получалось, что изучать природу можно и нужно, но самого главного, того, что объединяет разрозненные факты, все равно не найти и не понять.

Мы видим, что в культурах Востока, синхронных древнегреческой цивилизации, не нашлось достойного места идее всеобъемлющего естественного порядка, постижимого человеческим разумом. Именно поэтому основы научного мировоззрения были заложены греками, хотя и в Китае, и в Вавилоне, и в Египте математика и астрономия были достаточно развиты и были подмечены некоторые общие законы, повторяемость, регулярность в небесных и вообще природных явлениях.

Известны, например, вавилонские и египетские учебники математики. Они представляют собой сборники задач с конкретными (числовыми) условиями, и решениями, выполненными по принципу: сначала вычитаем, потом делим, потом прибавляем — это и есть ответ. Почему делается именно так? — никаких общих правил или доказательств нет, да и само понятие доказательства было незнакомо математике Древнего Востока. В этом отношении такие «учебники» мало отличаются от сборника магических заклинаний.

1.2. Ионийцы: «Что есть всё?»

Древние греки... Удивляет и вызывает глубокое уважение этот народ, который, никогда по численности не превосходя современного крупного города, дал сотни философов и ученых. И хотя их концепции не могут быть названы вполне научными, эволюция естественнонаучной картины мира берет свое начало именно отсюда. По замечанию Энгельса, «в греческой философии заключены в первоначальной форме почти все позднейшие типы миро-

воззрения... Существуют античные прообразы почти всех основных направлений позднейшей философии природы.»

И все-таки, почему именно Греция VI века до н.э.? Этому способствовал целый ряд исторических условий. Во-первых, греки, основывавшие колонии почти по всему побережью Средиземного, Эгейского и Черного морей, были знакомы с восточной, прежде всего, вавилонской, математикой и астрономией. Во-вторых, в богатых, быстро развивавшихся греческих городах, особенно в колониях на побережье Малой Азии, получивших общее название «ионийские», создались благоприятные условия для свободного поиска истины, свободного прежде всего от заботы о хлебе насущном. В-третьих, в Греции не было особой замкнутой жреческой касты, монополизировавшей знания и охранявшей их от непосвященных, не было и жестких религиозных догматов, что облегчало отделение науки, философии от религии.

Начало представлению о мире как о едином целом, в котором все явления — астрономические, физико-химические и биологические — вытекают из единого начала, положила ионийская философия в лице трех мыслителей из Милета, живших в VI веке до н.э.: **Фалеса** (ок. 625 – ок. 547), **Анаксимандра** (ок. 611 – после 547) и **Анаксимена** (ок. 566 – ок. 499).

Наиболее колоритной фигурой из них был Фалес, знатный и богатый гражданин Милета, умевший наживать деньги и изменять русло реки (так по преданию он помог лидийскому царю Крезу перейти с войском через реку Галис без мостов), путешествовавший, состоявший в переписке со многими известными ему современниками. Молва называла его как одного из полулегендарных «семи мудрецов» и приписывала ему справедливое утверждение, что Луна получает свой свет от Солнца. Он пытался объяснить естественными причинами разливы Нила, измерил высоту египетских пирамид и, как говорят, предсказывал затмения (впрочем, последнее тогда вряд ли было возможно).

Фалес был первым известным нам человеком, который от решения конкретных вычислительных задач перешел к доказыванию общих утверждений — геомет-

рических теорем. В частности, согласно Евдему (древнегреческому историку науки), Фалес доказывал, что диаметр делит круг пополам, а угол, опирающийся на диаметр – прямой, утверждал, что углы при основании всякого равнобедренного треугольника равны, открыл равенство вертикальных углов и, наконец, доказал теорему о равенстве треугольников по двум углам и стороне. Именно в стремлении найти доказательство вроде бы очевидных геометрических фактов, вроде того, что **всякий** круг делится диаметром на равные части, заключался **переход от практической и вычислительной математики древнего Востока к теоретической науке**. Фалес начал то «бегство от удивлений» самим собой разумеющимся вещам, которое спустя две с половиной тысячи лет привело к современному научному миропониманию.

Философское значение учения Фалеса состояло прежде всего в том, что он впервые в истории человечества **поставил вопрос**, ставший в дальнейшем основным вопросом всей греческой философии: **«Что есть всё?»**. Ученые хорошо знают, что правильная формулировка проблемы — это половина ее решения. Сама постановка вопроса «Что есть всё?» предполагает, что есть некая единая сущность, лежащая в основе абсолютно всех природных явлений и постижимая рациональными средствами. Ответ мыслителей ионийской школы заключался в том, что **первоосновой, из которой состоят все тела на свете, является некая непрерывная, единая, бесформенная субстанция — материя**. У самого Фалеса роль единой субстанции играет вода, однородная, бесформенная и подвижная. К наблюдаемому разнообразию качеств предметов приводит уплотнение или разрежение составляющей их воды. У Анаксимандра исходным понятием служит не какое-то определенное вещество, а *apeiron* (апейрон, «беспредельное») — нечто, способное не только к перемещению, но и к качественным переменам. Анаксимен же основой мироздания

считал воздух. Разреженный воздух, согласно ему, — это огонь, уплотненный — это облака, вода, земля, камни.

1.3. Диалектика Гераклита

К этому же времени (VI–V века до н.э.) относится появление элементов *диалектики* в учениях о мире. Так, Анаксимандр рисовал возникновение мира как борьбу и обособление противоположностей, в первую очередь, тепла и холода.

Диалектика — философское учение о развитии, согласно которому развитие есть способ существования мира, а источником развития является борьба противоположных начал и тенденций. Следует различать диалектику, в которой борьба противоположностей играет конструктивную роль, являясь необходимым условием движения, развития, и дуализм, в котором мыслима победа одной из них (скажем, Ормузда над Ариманом).

Ярче всего диалектический подход проявился в учении *Гераклита* (ок. 530 – ок. 470) из Эфеса, располагавшегося, как и Милет, на побережье Малой Азии, но несколько южнее. Сущность учения Гераклита выразил в одной короткой фразе историк Диоген Лаэртский: **«Всё возникает в силу противоположности, и всё течет подобно реке»**.

По утверждению Гераклита, все в мире состоит из противоборствующих сил и тенденций. Борьбой противоположностей определяется сущность любой вещи, любого процесса. Действуя одновременно, эти противоположные силы образуют напряженное состояние, которым и определяется внутренняя гармония вещей. Эту мысль Гераклит поясняет примерами лука и лиры. Всеобщая борьба, распря, война лежат в основе всего сущего, составляя истинную справедливость, являясь условием существования упорядоченного космоса.

Кстати говоря, слова «космос» (Вселенная) и «косметика» имеют общее происхождение от греческого корня, означающего гармонию, красоту. Древние самим выбором термина для обо-

значения мира подчеркивали его предполагаемую гармоничность, упорядоченность.

Упорядоченность космоса не статична, не является чем-то застывшим, окаменевшим. Вторая важная идея Гераклита — это идея безостановочной изменчивости вещей, их текучести. Все течет, все меняется; невозможно дважды войти в одну и ту же реку; все существует и не существует, все находится в постоянном процессе возникновения и уничтожения. Две с половиной тысячи лет спустя Гегель скажет, что нет ни одного положения Гераклита, которое бы он не взял в свою (диалектическую) логику. А в то время попытка ухватить изменчивость, подвижность мира и более того, провозгласить ее лежащей в основе вещей оказалась настолько новой и непривычной, что Гераклит получил прозвание Темный.

Первоосновой всего сущего, единой субстанцией, по Гераклиту является огонь. Этот выбор определялся, по видимому, не физическими соображениями — естествоиспытателем Гераклит не был, — а *образом* огня, *образом* вечного движения и изменения.

«Этот космос, один и тот же для всех, не создал никто из богов, никто из людей, но он был, есть и будет вечно живой огонь, мерно возгорающийся, мерно угасающий».

2. Противоречия однородности и непрерывности

2.1. Пифагор и пифагорейцы

Интеллектуальными противниками мыслителей ионийской школы являлись легендарный **Пифагор** (ок. 570 – ок. 495) и **Парменид** (ок. 520 – ок. 445). Именно к спору Гераклита с Пифагором относят начало многовекового противоборства материалистического и идеалистического направлений в философии.

Пифагор был родом с острова Самос. В юности бывал в Милете, общался с престарелым Фалесом и его последователями. После захвата власти на Самосе тираном Поликратом Пифагор покидает родину и обосновывается в греческой колонии Кротон на юге Италии (современный итальянский город Кротоне). Там он быстро приобретает большой авторитет и основывает философскую школу, которая, правда, больше походила на религиозно-этическое братство. Ее члены обязывались вести правильный, «пифагорейский» образ жизни. Одной из традиций школы было приписывание всех достижений и научных трудов ее основателю, так что теперь практически невозможно разделить вклады в науку Пифагора и его учеников.

Пифагорейцы разработали метод *математической дедукции* (то есть правила логического выведения следствий из исходных положений — аксиомы), получили ряд ценных результатов в теории чисел. Они первыми в Греции научились распознавать пять планет (Меркурий, Венеру, Марс, Юпитер и Сатурн) и предложили космологию (систему мира), в которой вокруг «центрального огня» по круговым орбитам обращаются планеты, Солнце, Луна и шарообразная Земля. Они также положили начало математической теории музыкальной гармонии, заметив созвучие струн, длины которых относятся друг к другу как небольшие целые числа.

Помимо упомянутых областей знания пифагорейцы занимались медициной. Кротон был центром знаменитой в то время медицинской школы и, между прочим, родиной многих атлетов — победителей Олимпийских игр (например, легендарного Милона). Некоторые из членов пифагорейского союза по профессии были врачами. Особенно прославился среди них *Алкмеон*, живший в VI–V веках до н.э.

Основы научного подхода к познанию живого были заложены уже знакомыми нам философами ионийской школы. Они отвергали сверхъестественное, а вместе с ним — отношение к человеку и другим существам как к чему-то непостижимому, функционирующему по божественной во-

ле и потому не поддающемуся человеческому познанию. Однако физиология и анатомия, возникшие в Греции во время Алкмеона, могли лишь частично удовлетворить стремление врачей к рациональному объяснению причин болезни. Дело в том, что путем к такому объяснению считалось познание *всей* природы человека, а эта задача пока не по силам и нынешней биологии и медицине. Поэтому врачи либо, не вдаваясь в высокие материи, занимались своим делом как ремеслом, либо погружались в пучину многочисленных теорий, далеких от истины и здравого смысла.

Алкмеон, в отличие от других своих коллег, сочетал качества врача-практика и настоящего ученого. Он был не склонен воспринимать умозрительные теории философов как ключ к познанию мира, а стремился основывать свои взгляды на твердой почве наблюдений и даже экспериментов. Считается, что он был первым, кто дерзнул анатомировать не только животных, но и человека. Он описал глазной нерв и евстахиеву трубу, подошел к верному объяснению ощущения звуков. Основываясь на своих исследованиях, он пришел к убеждению, что не сердце, как считалось тогда, а именно мозг является центром сознательной и чувственной жизни человека. Основная идея его медико-биологической концепции состояла в том, что состояние организма определяется балансом пар противоположных сил или качеств, таких, как сладкое и горькое, сухое и влажное, горячее и холодное и т.д. Нарушение равновесия между противоположными силами приводит к болезни, а задача врача — это равновесие восстановить. Эти взгляды Алкмеона стали идейной основой для медицинской школы «отца медицины» Гиппократ.

***Гиппократ** (ок. 460 – 377) родился и жил на острове Кос близ малоазийского побережья Эгейского моря, где располагался храм Эскулапа (Асклепия) — покровителя медицины. Тем не менее, будучи наиболее известным представителем рационализма в античной биологии, Гиппократ считал, что боги не оказывают*

никакого влияния на медицину и не боялся высказывать свою точку зрения. Он писал: «Мне представляется необходимым, чтобы всякий врач понимал природу, если хочет стоять на высоте своей задачи... Естественнонаучное рассуждение учит, каким образом возникают острые болезни, и как их следует сдерживать... или как их предупредить». К сожалению, для того, чтобы последовательно придерживаться такой позиции, Гиппократу и его ученикам не хватало конкретных знаний. Они это понимали: в одном из трактатов гиппократовской школы автор прямо говорит, что «до такой учености еще далеко». Тем не менее, устройство организма они знали не так уж плохо.

Впечатляет следующий отрывок еще из одного трактата той же школы «О священной болезни» (имеется в виду эпилепсия; в трактате доказывается ее естественное происхождение): «Мозг человека, как и всех остальных животных, — двойной; посередине он разделен тонкой перепонкой... К мозгу протянуты вены со всего тела, многочисленные и тонкие, а две — толстые, одна из печени, другая из селезенки. Та, что из печени, такова: одна ее часть тянется вниз с правой стороны мимо почки и поясницы во внутреннюю часть бедра и достигает стопы; она называется полой веной. Другая часть тянется вверх через правую диафрагму и легкое; от нее отходит ответвление в сердце и правую руку» и т.д.

Внеся большой вклад в математику и астрономию, пифагорейцы пришли к обожествлению чисел, которые, по их убеждению, управляют миром. **«Всё есть число»**, — утверждал Пифагор. Числа, с его точки зрения, представляют собой не абстракции, а самостоятельные сущности, являющиеся первоосновой мира. Эти фантастические представления, которые впоследствии были использованы Платоном при создании законченной идеалистической философской системы, обусловили стойкий интерес к математике и ее приложению к объяснению природных явлений.

2.2. Парменид: теоремы об общих свойствах бытия

Замечательные результаты, особенно восхитительная мощь аксиоматически-дедуктивного метода, привели, как это регулярно затем происходило в истории науки, к потере

гармонии восприятия мира, к увлечению одной стороной дела, логической строгостью, за счет другой — отыскания правильных оснований, аксиом. Наследниками Пифагора стали Парменид и Платон, исповедовавшие совершенно логичные, но столь же совершенно не физические, не имевшие отношения к реальному миру системы взглядов.

«Рассуждая таким образом, они [Парменид и его сторонники] вышли за границы чувственного восприятия и, пренебревши им, поскольку, по их мнению, надо следовать [только] разуму, утверждают, что универсум [= все сущее] один, неподвижен и безграничен, поскольку, мол, граница граничила бы с пустотой... В теории эти утверждения представляются верными, но ползая так о реальных вещах похоже на сумасшествие».

Аристотель. О возникновении и уничтожении

Парменид, ученик Пифагора, родом из Элеи (италийской колонии греков недалеко от Кротона), прославился тем, что применил разработанный пифагорейцами дедуктивный метод для решения чисто философских проблем бытия. Он исходил из казавшегося ему очевидным основного положения: «Бытие (то-что-существует) есть, а небытия нет» (кстати, а что вы могли бы возразить?). Отсюда он логически выводит основные свойства бытия:

- бытие не возникло и не подвержено гибели;
- бытие не имеет частей, а, следовательно, протяженности;
- бытие неподвижно;
- бытие совершенно;
- бытие конечно, но безгранично (в этом он уподоблял бытие шару).

Свои взгляды Парменид изложил в поэме с почти обязательным для сочинений такого рода названием «О природе», совместив художественную форму со строгостью доказательств.

*«...то, чего нет, нельзя ни познать (не удастся),
Ни изъяснить... Ибо мыслить — то же, что быть...
Можно лишь то говорить и мыслить, что есть; бытие ведь
Есть, а ничто не есть...»*

*Один только путь остается,
«Есть» гласящий; на нем — примет очень много различных,
Что нерожденным должно быть и негибнущим также,
Целым, однородным, бездрожным и совершенным.
И не «было» оно и не «будет», раз ныне все сразу
«Есть» одно сплошное. Не сыщешь ему ты рожденья.
Как, откуда взросло? Из не-сущего?..*

*Да и что за нужда бы его побудила
Позже скорее, чем раньше, начав с ничего появляться?
Так что иль быть всегда, иль не быть никогда ему должно»
Парменид. О природе*

Явное противоречие между доказанными признаками бытия и наблюдаемыми свойствами окружающего мира, изменчивого, протяженного и несовершенного, Парменид объяснял тем, что вещи, среди которых мы живем, иллюзорны и представляют собой не более, чем ложные «мнения» (докса) смертных людей. Свое завершение такая точка зрения нашла в учении **Платона** (428 – 348), утверждавшего, что истинным бытием является мир идей, постигаемый человеком в процессе размышления на основе знаний, изначально врожденных его душе; что же касается предметов окружающего мира, воспринимаемых органами чувств, то они являются, по Платону, всего лишь теньями, отражениями соответствующих идей.

Аргументы Парменида казались его современникам логически неопровержимыми, а логическое доказательство греки ценили выше наглядной очевидности.

У А.С. Пушкина есть стихотворный вариант рассказа о споре двух философов:

*Движенья нет, сказал мудрец брадатый.
Другой смолчал и стал пред ним ходить.
Сильнее он не мог бы возразить...*

Менее известно окончание этой истории: когда первый собеседник согласился с наглядным аргументом второго — Диогена Синопского, — тот стал бить его палкой за согласие с видимой достоверностью, а не с логическим доводом.

2.3. *Четыре стихии Эмпедокла*

Единое, неподвижное, неделимое и неизменное бытие Парменида нанесло серьезный удар по идее ионийских философов о существовании некоего однородного первоначала, которое, видоизменяясь, переходя из одного состояния в другое, порождает бесконечное разнообразие вещей. Такой подход страдал и другими логическими недостатками. С одной стороны, в мире существуют изменения, *сохраняющие качество* предметов (механическое движение), и потому не сводимые к изменениям состояния субстанции. С другой стороны, если вода при нагревании превратилась в пар, что нам дает право говорить, что этот пар получился из *той самой* воды? Что между ними общего? Ведь качество субстанции при нагревании изменилось, а другими признаками она, по представлениям ионийцев, не обладает.

Поэтому в V в. до н.э. появились учения, приписывавшие структурным элементам вещей некоторые атрибуты парменидовского бытия (например, вечность и неизменность), но сохранявшие реалистический подход ионийских мыслителей. Таково учение *Эмпедокла* (ок. 490 – ок. 430) из Акраганта (Агригента), греческой колонии на Сицилии.

Во всей истории греческой философии трудно найти фигуру более яркую и колоритную, сочетавшую в себе черты философа, поэта, ученого-естествоиспытателя, врача, политического деятеля и оратора. Свои взгляды он изложил в двух больших (тысячи строк) поэмах — «О природе» и «Очищения», — поражающих как глубиной содержания, так и совершенством художественной формы. По свидетельству Лукреция,

*...И пенопенья его из глубин вдохновенного сердца
Так громогласно звучат, излагают такие открытья,
Что и подумать нельзя, что рожден он от смертного корня.*

Эмпедокл ввел одно из популярнейших в мировой культуре представлений о *четырех стихиях* — огне, воздухе, воде, и земле, — которые, как он считал, являются корнями всех вещей, вечны и неизменны, не могут ни возникнуть из чего-либо другого, ни превращаться друг в друга.

Все качественные изменения объясняются сочетанием стихий в различных пропорциях при их перемещениях. Так, согласно Эмпедоклу, мясо животных состоит из всех четырех стихий, смешанных в равной пропорции, жилы — из смеси огня и земли с двумя частями воды, когти — из жил, замороженных в меру соприкосновения с воздухом... Концепция Эмпедокла — первоначальная механическая концепция, основанная на идее **пространственного перемещения как основного вида изменений в природе**. Это закономерно приводит к тому, что стихии в картине мира Эмпедокла оказываются лишенными внутренней активности, способности к самодвижению (проклятие парменидова недвижимого бытия, унаследованное эмпедокловыми стихиями), в отличие от субстанции милетцев и Гераклита. Поэтому ему пришлось для объяснения **причин** изменений, то есть движения стихий, дополнительно постулировать существование двух сил — Любви, соединяющей стихии, и Вражды, разделяющей их. Противоборство этих двух сил приводит к естественному отбору, который, по Эмпедоклу, является универсальной закономерностью: длительное бытие предметов обеспечивается таким сочетанием стихий, которое наиболее соответствует условиям существования. Сходным образом он объяснил возникновение гармонично устроенных живых организмов.

«По словам Эмпедокла, в эпоху господства Любви родились как попало части первых животных, как-то: головы, руки, и ноги, а потом срослись — «быкордных человеколицых и наоборот возникали»... И все, что срослось между собой таким образом, что смогли выжить, сделались животными и сохранились благодаря взаимному удовлетворению нужд: зубы разрезают и измельчают пищу, желудок переваривает, а печень превращает в кровь. При этом человеческая голова, сойдясь с человеческим телом, сохраняет целое, а к бычьему не подходит и гибнет. Все [части], которые соединились ненадлежащим образом, погибли. Таким же образом все происходит и теперь».

Симпликий. Комментарии к «Физике»

2.4. Каверзные вопросы Зенона

Следуя Пармениду, Эмпедокл не находит в своей картине мира места пустоте — «небытию». Стихии, материя, мыслились как **непрерывные**, бесконечно делимые субстанции, заполняющие Вселенную. Отсюда естественным образом следовало, что и движение происходит **непрерывным** образом, от одной точки к бесконечно близкой другой. Однако непрерывность, континуальность как свойство материи и движения также приводит к логическим затруднениям, которые наиболее ярко сформулированы в **апориях** (парадоксах) **Зенона Элейского** (ок. 490 – 430), ученика Парменида, прозванного «двухязыким» («диалектик») за умение находить аргументы как за, так и против одного и того же положения.

«Перикл учился и у Зенона Элейского, который, как и Парменид, занимался изучением природы, но при этом практиковал эленктическое искусство — через противоречие загонять [опponenta] в безвыходное положение (apor ia)».

Плутарх. Перикл.

«Был он человеком исключительных достоинств и в философии, и в политической жизни, сохранились его книги, полные большого ума... Он вознамерился свергнуть тирана Неарха и был арестован... Когда на допросе его стали спрашивать о сообщниках и об оружии, которое он привез на Липару, он донес на всех друзей тирана с тем, чтобы оставить его в одиночестве, а потом, заявив, что он-де должен сказать ему на ухо кое о ком, укусил [тирана за ухо] и не отпускал до тех пор, пока не был заколот».

Диоген Лаэртий

Его рассуждения, изложенные точной и ясной прозой, — первый в истории пример чисто логических доказательств, не использующих ни рассуждения по аналогии, характерные для ионийской школы, ни красочных метафор, которые широко использовал Гераклит и которыми грешил даже Парменид.

В первой из наиболее известных апорий Зенона — *апории меры* — указывается на невозможность составить протяженную величину из непротяженных. Если материя бесконечно делима, то ее можно разбить на бесконечно малые, непротяженные элементы. Но если элементы непротяжены, тогда и сумма этих элементов равна нулю. Если же, как возражают, элементы имеют малую, но конечную протяженность, то сумма бесконечного множества таких элементов будет бесконечной.

В апориях «*Дихотомия*» (дихотомия — деление пополам) и «*Ахиллес*» Зенон демонстрирует противоречивость представлений о движении, опирающихся на представления о непрерывности материи.

«Первый [аргумент] гласит: если движение есть, то движущееся по необходимости должно в конечное [время] пройти бесконечность, а это невозможно. Следовательно, движения нет. Большую посылку он доказывал так: движущееся движется на некоторое расстояние. Но поскольку всякое расстояние делимо до бесконечности, то движущееся по необходимости должно сначала пройти половину того расстояния, на которое оно движется, и [лишь] затем всё. Однако до половины всего [расстояния оно должно пройти] половину половины и опять-таки половину этого [последнего расстояния]. Стало быть, половины бесконечны [по числу], так как в любом данном можно взять половину, а бесконечные [по числу величины] невозможно пройти в конечное время».

Симпликий. Комментарий к «Физике»

Быстроногий *Ахиллес* никогда не догонит черепаху. Прежде, чем догнать, он должен оказаться в точке, где черепаха была в начале соревнования. Но пока Ахиллес достигнет этой точки, черепаха продвинется дальше. Сколько бы ни повторялась подобная ситуация, расстояние между Ахиллесом и черепахой, хотя и уменьшится, но никогда не достигнет нуля, что свидетельствует о невозможности достижения последнего элемента непрерывного пути.

В четвертой апории — «*Стрела*» — непрерывное движение отрицается в особенно непосредственной форме. В каждый момент времени летящая стрела неподвижна. Это значит, летящая стрела неподвижна в каждый момент. Следовательно, она неподвижна в течение всего полета.

Апории Зенона опровергнуть совсем непросто. Более того, по современным представлениям они не являются ложными умозаключениями, как полагал Аристотель и многие другие, а отражают реальную противоречивость бытия. Математики (например, Георг Кантор, Герман Вейль, Курт Гёдель) столкнулись с парадоксами, эквивалентными апориям Зенона, совсем недавно, при разработке теории множеств. Вот скажите, какой отрезок состоит из большего числа точек: длиной в метр (путь черепахи) или в сто метров (путь Ахиллеса)? Оказывается, что в той мере, в какой вообще можно определить число составляющих отрезок элементов, это число *одно и то же для всех отрезков*. Этот результат парадоксален для нас настолько же, насколько апории Зенона для его современников.

2.5. Ранние атомистические учения

Стремление избавиться от противоречий непрерывности стало одной из причин возникновения атомистических учений. К доаристотелевскому периоду относится деятельность двух великих атомистов — *Левкиппа* и *Демокрита*, которые, отвергнув основной тезис Парменида, осуществили поворот к картине мира, в которой качественные различия между элементами (стихиями) были заменены различием между бытием (атомами) и небытием (пустотой).

Левкипп из Элеи (по другим сведениям, из Милета), живший в V веке до н.э., полагал, что в мире существует бесконечное число атомов — всегда движущихся элементов. От самого Левкиппа до нас дошла только одна фраза и краткое изложение его идей, которое можно кратко сформулировать как *кредо Левкиппа*: «*Мир неодушевлен и не подчинен Провидению; построенный из атомов, он под-*

чинен неразумной природе». Атомы Левкиппа обладают бесконечным числом форм. Единственная известная нам фраза, принадлежащая самому Левкиппу, гласит: «Ничто не возникает беспричинно, но все — на каком-то основании и в силу необходимости». Это иллюстрация то, что атомистические представления всегда тесно связаны с идеей о строгой закономерности движения атомов.

Демокрит (ок. 470 – ок. 380) из Абдеры, расположенной на северном побережье Эгейского моря, ученый и путешественник, побывавший в Вавилоне, Персии, Египте, известен как автор произведений, относящихся к физике, математике, технике, музыке, филологии, этике и эстетике. Все его труды, к сожалению, почти полностью утраченные, пронизывала единая мысль о сведении всех явлений природы к перемещению бескачественных элементарных частиц. С точки зрения Демокрита, стихии представляют собой группировки бескачественных, отличающихся только по величине и форме, атомов. Из атомов, несущихся в бесконечном пространстве, возникает бесконечное число миров. Миры растут, склоняются к разрушению и гибнут при столкновениях. Возникновение и гибель миров происходят непрерывно. Небесные тела впервые были объявлены раскаленными глыбами, вращающимися вокруг (увы, плоской) Земли.

Атомистическая программа Левкиппа, Демокрита и, впоследствии, Эпикура и Лукреция предложила наиболее близкое к истине (с нашей сегодняшней точки зрения) и последовательно материалистическое объяснение мироздания. Она стала исходным пунктом первой научной, механической картины мира, созданной спустя две с лишним тысячи лет. Однако в IV веке до н.э. была разработана и возобладала другая, **континуалистская программа**. Победный старт и полет сквозь тысячелетия обеспечил ей заряд интеллектуальной мощи, заложенный создателем этой программы, наиболее титанической фигурой античной философии — Аристотелем.

3. Аристотелева картина мира.

Аристотель родился в 384 году до н.э. в Стагире — городе на северном побережье Эгейского моря — и умер в 322 году на острове Эвбея.

Сама личность *Аристотеля Стагирита* легендарна. Он провел детство при дворе македонских царей, где его отец служил врачом и где он познакомился с юным Филиппом, будущим покорителем Греции и отцом Александра Македонского. Лишившись в 15 лет родителей, Аристотель уехал в Афины и поступил в Академию Платона, где пробыл 20 лет, сначала в качестве ученика, а затем преподавателя. Платон высоко ценил Аристотеля и называл его «умом»; тот, в свою очередь, платил учителю глубоким уважением, хотя принципиально расходился с ним по философским вопросам («Платон мне друг, но истина — больший друг!»). После смерти Платона Аристотель покидает Афины и скитается по малоазийским колониям греков, пока в 342 году не получает приглашения Филиппа II в новую столицу Македонии — Пеллу, воспитывать юного сына, Александра. Впоследствии Александр, по свидетельству Плутарха, скажет: «Я чту Аристотеля наравне с отцом, так как если отцу я обязан жизнью, то Аристотелю — тем, что дает ей цену».

В 338 году Филипп II, разбив соединенное греческое войско при Херонее, становится властелином всей Греции. Это дает возможность Аристотелю уже пятидесятилетним мужем вернуться в Афины и открыть собственную философскую школу. Это был знаменитый **Ликей**, или школа перипатетиков, который просуществовал до конца античного мира. Александр завоевывал мир — Аристотель и его ученики познавали его. Теофраст, опираясь на рассказы македонских воинов, описывал гигантские фиговые деревья в Индии и мангровые рои на берегу Черного моря. Дикеарх по тем же источникам составлял новое описание Земли и вычислял площадь ее поверхности. Менон изучал медицинскую литературу, Евдем писал историю математики и астрономии, Аристоксен — историю музыки...

После смерти Александра Аристотель вынужден был бежать из Афин и в следующем, 322 году умер. Его наследие насчитывало несколько сот папирусных свитков, трактовавших

вопросы философии, физики, биологии, психологии, логики, этики, политики и экономики, а также искусствоведения.

Помимо энциклопедических знаний Аристотель прославился непревзойденной глубиной логического анализа и пытливым отношением к окружающему миру. Он считается отцом зоологии. Он же ввел понятие **«физика», *определив ее как науку, которая «имеет дело с таким бытием, которое способно к движению, и с такой сущностью,...* которая не может существовать отдельно от материи»**. Созданная им картина мира была в высшей степени оригинальна, подкреплена железной логикой и всеобъемлюща. Поэтому, несмотря на то, что некоторые положения Аристотеля уже при его жизни не представляли последнего слова в науке, аристотелево объяснение мироздания с небольшими изменениями владело умами в течение двух тысяч лет.

Прежде, чем переходить к изложению основных элементов созданной Аристотелем картины мира, следует остановиться на его вкладе в биологию, ибо ни у кого из мыслителей древности биологические корни физических идей не были столь явными, как у Аристотеля.

Начальные познания о живом он, видимо, получил, помогая отцу в его медицинской практике. Будучи твердо убежденным, что научное знание есть результат только логического рассуждения, он положил, тем не менее, начало широкому и систематическому, насколько это было возможно, изучению фактов. Он анатомирует животных, открывает устье яйцепровода у устрицы, третье веко у птиц, рудиментарные глаза у крота, звуковые органы сверчка и т.д. Всего он описал более пятисот видов животных — цифра, для того времени громадная. Ему принадлежит первая в истории классификация и систематизация животных. Он дал ***определение жизни: «всякое питание, рост и упадок тела, имеющие основание в нем самом»***. Аристотель выдвинул принцип ***«лестницы сущств»***, согласно которому все виды животных и растений можно выстроить

в порядке возрастания сложности, так что они образуют непрерывную цепочку от неживого мира к животным. Правда, идея эволюции ему чужда: вся его «лестница существ» существует одновременно, а рыбы, черви, моллюски и т.д. могут в готовом виде самопроизвольно зародиться из морского ила и гниющего вещества — ложная идея, дожившая до XX века.

Изучая условия жизни, строение и развитие живых существ, эмбриогенез (развитие зародышей) животных и человека, Аристотель проникается осознанием *целесообразности*, присущей всем живым творениям. Для него целесообразность — нечто, столь органически присущее природе, что не требует объяснения. Напротив, стремление природы достичь определенной цели — *энтелехия* — само является, по Аристотелю, причиной всех природных процессов. Природа для него — как бы единый живой организм, где одно происходит ради другого.

Перейдем теперь к характеристике основных элементов аристотелевой картины мира. При этом мы будем придерживаться схемы, в рамках которой будут анализироваться и позднейшие научные картины мира.

1) Представление о материи. Аристотель считает основной вещей единую бесконечно делимую материю, пассивную и неизменную. Материя сама по себе не существует вне какой-либо формы. **Форма является причиной и сущностью вещей.** Форма определяет свойства материи, придавая ей признаки одной из стихий — земли, воды, воздуха, огня и эфира (из которого состоят небесные сферы). Отсюда следует возможность качественных изменений, превращения стихий друг в друга.

2) Представления о движении. Движение понимается широко — как возникновение или уничтожение определенных тел, их рост или уменьшение, как изменение качества и, наконец, как перемена места, перемещение. Аристотель никогда не рассматривает движение отдельно от его результата или цели. Перемещение у него — это всегда пе-

ремещение *от чего-то к чему-то* и, в зависимости от начальной и конечной точек, может происходить по-разному. Движение к *естественному месту*, которое есть у каждого предмета (у тяжелых — низ, у легких — верх), не требует материальной причины, а «насильственное» движение, когда тело выводится из своего естественного места, происходит только под действием движущей силы и прекращается, как только прекращается действие силы. Нет необходимости особо доказывать биологическое происхождение идеи определения движения через его цель.

Перемещение Аристотель рассматривал как непрерывный процесс, а апории Зенона о противоречивости непрерывного движения опровергал, считая, что в них неправомерно смешиваются понятия бесконечности *актуальной* (то есть достигнутой, осуществленной, чувственно воспринимаемой) и бесконечности *потенциальной* (то есть понимаемой в смысле *возможности* производить какую-либо операцию, например, дихотомию, сколь угодно большое, но конечное число раз).

«Вообще говоря, бесконечное существует таким образом, что всегда берется иное и иное, и взятое всегда бывает конечным, но всегда разным и разным».

Аристотель. Физика

Аристотель доказывает вечность движения, однако отвергает идею о *самодвижении* материи. Все движущееся движимо другими телами, а мир в целом приводится в движение неким перводвигателем. Перводвигатель неподвижен (в противном случае был бы первоперводвигатель), вечен (ибо движение, вызываемое им, вечно). Фактически перводвигатель — это бог.

3) *Представления о пространстве и времени.* Учение Аристотеля о пространстве и времени исходит из понятия *непрерывности*. Непрерывное, по Аристотелю, устроено таким образом, что любой сколь угодно малый его элемент *пересекается* с соседними элементами. Это делает

немыслимым разбиение отрезка конечной длины на непротяженные точки и снимает многие из противоречий непрерывности, указанные Зеноном. Непрерывная по протяженности величина — это пространство. Время — величина, непрерывная по последовательности: «теперь» пересекается с прошлым и с будущим одновременно.

Пространство не однородно и не изотропно: Вселенная Аристотеля имеет центр и периферию, верх (направление от центра) и низ (к центру). Это, собственно, и дает возможность разделять движения на естественные и насильственные.

Пространство и время у Аристотеля не существуют независимо от материи. Дело в том, что он отрицает существование пустоты. Пустота — это *однородное* пространство, все точки которого равноправны, так как нет материальных меток, чтобы выделить ту или иную из них. Поэтому в пустоте невозможно определить естественное, выделенное место тела. Раз начавшись, движение, даже «насильственное», в пустоте не могло бы прекратиться. «Никто не сможет сказать, почему [тело], приведенное в движение, где-нибудь остановится, ибо почему оно скорее остановится здесь, а не там? Следовательно, ему необходимо или покоиться, или двигаться до бесконечности» (Аристотель. Физика). Эти рассуждения на самом деле совершенно безупречны. Если допустить существование пустоты, они немедленно приводят к закону инерции. Последний, однако, противоречил аристотелевскому постулату о целесообразности движения и был использован как пример доведения до абсурда, доказывающий невозможность пустоты. Для движения необходимости в пустоте нет: все движется в круговороте, уступая место друг другу. Вселенная заполнена материей плотно.

4) Представления о взаимодействии. Взаимодействие понимается Аристотелем как действие движущего на движимое, но не наоборот. Такое одностороннее представление господствовало вплоть до формулировки Ньютоном его Третьего закона (действие равно противодействию), ко-

торый сейчас рассматривается как тривиальное следствие закона сохранения импульса, а во времена Ньютона означал коренное изменение освященных временем и авторитетом Аристотеля взглядов.

5) **Представления о причинности и закономерности.** Чрезвычайно важное место в картине мира Аристотеля играет понятие *конечной причины* и *постулат целесообразности, согласно которому ход любого процесса определяется его результатом*. Так, дождь идет для того — и *потому*, — чтобы рос хлеб. Природа, по Аристотелю, как бы единый живой организм, где одно происходит ради другого. Его учение о целесообразности всех природных процессов — телеология, — не отрицая существования случайного и самопроизвольного, рассматривает эти категории как нечто второстепенное, происходящее как бы по недосмотру разумных существ или стремящейся к целесообразности природы.

б) **Космологические представления** Аристотеля были старомодны даже для его времени: еще до него пифагорейцы говорили о движении в мировом пространстве шарообразной Земли наряду с другими планетами, а Левкипп и Демокрит — о пространственно-временной бесконечности Вселенной и бесчисленности миров в ней. Через сто лет после Аристотеля Аристарх Самосский на основании своих наблюдений придет к гелиоцентрической системе мира, в которой Земля вращается вокруг Солнца. Однако авторитет Аристотеля был столь велик, что на века утвердил предложенную им следующую картину мироздания. В центре мира находится неподвижная шарообразная Земля. Вокруг нее вращаются сферы, к которым прикреплены небесные светила. Самая удаленная — сфера неподвижных звезд, которая является границей космоса. Ближайшая к Земле — сфера Луны, отделяющая надлунный мир совершенных круговых движений от несовершенного *подлунного мира*. Надлунные тела построены из вечного, неуничтожимого эфира, не подверженного никаким изменениям и превра-

щениям. Вне сферы неподвижных звезд нет ни времени, ни пространства, ни пустоты, а есть только неподвижный, не имеющий частей, вечный перводвижитель — бог, в понимании Аристотеля.

Кроме учения о мире, Аристотель создал *формальную логику* — систематизированную науку о мышлении и его законах, которую рассматривал как главный инструмент познания мира. Впоследствии свод шести аристотелевых трудов по логике и был назван «Органом», то есть «орудием». Он формулирует два закона мышления классической логики (закон запрещения противоречия и закон запрещения третьего) и намечает два других (тождества и достаточного основания). Он открыл *силлогизм* — логическое умозаключение, различил его виды (*фигуры и модусы*), определил работающие и неработающие модусы. Аристотель дал реалистическое определение истинности и ложности суждений: «...прав тот, кто считает разделенное разделенным и соединенное — соединенным, а в заблуждении тот, мнение которого противоположно действительным обстоятельствам». Он же определил доказательство как цепочку силлогизмов, опирающуюся на суждение, отражающее существенные и постоянные связи в реальности.

Влияние нарисованной Аристотелем картины мира на последующее развитие человеческого знания и мировоззрения огромно. Непревзойденная широта знаний, мощь логических аргументов и наличие многочисленных учеников и последователей Аристотеля надолго затормозили развитие атомистической программы объяснения природы в пользу континуалистского подхода. Аристотель — одна из тех личностей, которые надолго определяют ход истории. Его гений сочетал абстрактно-логический анализ и детальное описание природы, в отличие от его учителя Платона, чьим идеалом был уход от реального живого опыта в царство чистой мысли. Знаменитая аристотелевская формула о Платоне и истине отражала как раз отказ от чисто логического конструирования понятий. Тех, например, кто,

следуя Зенону, отрицал движение вообще, оставляя в стороне свидетельства чувств, он характеризовал словами «немоощь мысли».

Метод Аристотеля, однако, не был научным. Он являлся **аксиоматически-дедуктивным** и отрицал опытную проверку логических выводов. Да, исходные аксиомы должны опираться на непосредственные наблюдения природы (в этом Аристотель принципиально расходится, например, с Платоном), но дальше — дело *только* разума, строгих и убедительных рассуждений. Аристотель, да и никто из его современников, не имел понятия о целенаправленном эксперименте. Если бы он попал в современную научную лабораторию и если бы удалось ему объяснить, чем занимаются сотрудники, он, скорее всего, заявил бы, что природу следует изучать как она есть, а не создавать искусственные условия для того, что в естественных условиях либо вообще не происходит, либо происходит крайне редко.

Рассказывают, что Аристотель, тонкий знаток живой природы, придя как-то к умозаключению о том, что у женщин зубов должно быть меньше, чем у мужчин, так и не удосужился попросить жену или рабыню раскрыть рот и проверить свой вывод. Этот анекдот (который, скорее всего, не более чем анекдот) метко характеризует понимание науки мыслителями, жившими в рабовладельческом обществе и противопоставлявшими научное познание и практическую деятельность. Заниматься практической проверкой своих выводов или, тем паче, практическим их применением означало опуститься до ремесла, дела рабов, недостойного свободного человека. Архитекторы, скульпторы, живописцы Древней Греции отказывались от гонораров, дабы их не заподозрили в стремлении заработать на жизнь, а не создать шедевр; философы же вообще избегали материальной деятельности.

Аристотель в своих трудах почти не применял математики. Его физика подчинена его метафизике (философии), телеологии (учению о целесообразности) и теологии (уче-

нию о боге). Все это привело к тому, что, когда с наступлением христианской эры учение Аристотеля было принято и освящено церковью, из него оказалось возможным выбрать главные элементы, определяющие ценность учения — представления о вечности и несотворенности материи, движения и мира. Выхолощенная таким образом аристотелевская картина мира на долгие сотни лет стала тормозом на пути познания природы, и снять этот тормоз оказалось тем сложнее, что не сразу пришло понимание, каким же образом можно и должно устанавливать научную истину.

4. Развитие представлений о природе в эпоху эллинизма.

4.1. Успехи в математике и астрономии

Смерть Александра Македонского в 323 году до н.э. и распад созданной им империи ознаменовали переход от эпохи классической Греции городов-полисов к эпохе ***эллинизма***, когда культурная жизнь переместилась в столицы новых царств. Крупнейшим центром наук и искусств стала Александрия Египетская с ее знаменитым Мусейоном и библиотекой, а во II веке до н.э. — сирийский Пергам. В это же время греки соприкоснулись с миром римской цивилизации.

В истории естествознания период эллинизма богаче конкретными открытиями, чем предшествующие, и часто рассматривается как время бурного расцвета науки. Однако в развитии единой картины мира античность после Аристотеля и средневековье представляют собой время распада, дезинтеграции на слабо связанные между собой потоки знаний. ***Центр тяжести философских, обобщающих исследований смещается в это время на проблемы этические и религиозные.*** История единой естественнонаучной картины мира прерывается на несколько веков, основным содержанием которых, с позиций интересующего нас

предмета, стало **накопление конкретных знаний**, так недостававших первым греческим натурфилософам, и постепенная выработка **научного метода** познания.

Основные достижения античной **математики** связаны с именами Евклида, Архимеда, Аполлония и Диофанта. **Евклид**, живший в Александрии в конце IV – начале III веков до н.э., обессмертил свое имя тринадцатью книгами «Начал» — творения, которое после Библии было чаще всего издаваемым и более всего изучавшимся в истории человеческой культуры. На две с лишним тысячи лет «Начала» стали образцом аксиоматически-дедуктивного подхода, строго логических выводов теорем из системы определений, постулатов и аксиом. Помимо геометрии на плоскости и в пространстве, «Начала» содержат изложение важных вопросов теории чисел: делимость и свойства простых чисел, суммирование геометрических прогрессий, теория несоизмеримых величин (по современной терминологии — иррациональных чисел) и т.д.

Архимед (287 – 212), живший в Сиракузах на Сицилии, работал в той области математики, которую мы теперь называем интегральным исчислением. Он доказывал теоремы о площадях плоских фигур и объемах тел, нашел приближенное значение числа π — отношения длины окружности к диаметру — с точностью около 0,01%, вычислил площадь поверхности и объем сферы и некоторых более сложных тел. В большей мере известны, однако, его достижения в физике. Архимед открыл основной закон гидростатики, причем изложил его в форме, которая и сейчас фигурирует во многих учебниках: тело, погруженное в жидкость, теряет в весе столько, сколько весит вытесненная им жидкость. Он установил закон равновесия рычага, ввел понятие центра тяжести тела, исследовал законы преломления световых лучей. В отличие от большинства античных ученых, Архимед широко применял свои знания для решения практических задач. Он изобрел водоподъемный винт, полиспаст — сложный блок для поднятия больших тяжестей

(автору привелось, будучи в студенческом стройотряде, использовать полиспаст вместо трактора для натягивания подвесных телефонных линий), множество военных устройств.

Математика в древнем мире, да и в дальнейшем, неразрывно была связана с *астрономией*. В эллинистический период астрономия превратилась в строгую количественную дисциплину, утратив при этом натурфилософский, космологический характер. Уже упоминавшийся *Аристарх Самосский* (кон. IV – 1-я пол. III в. до н.э.), автор гелиоцентрической системы, пытался определить размеры небесных тел и расстояния до них. *Гиппарх Родосский* (ок. 180 – 125) впервые использовал для описания сложных неравномерных движений небесных светил метод сложения нескольких равномерных круговых движений, предложенный математиком Аполлонием Пергамским. С помощью своей модели он впервые смог составить таблицы для вычисления моментов солнечных и лунных затмений. Появление в 134 г. до н.э. новой звезды в созвездии Скорпиона навело Гиппарха на мысль, что изменения происходят и в мире звезд. Чтобы легче замечать эти изменения, он составил каталог положений на небесной сфере 850 самых ярких звезд, с помощью которого обнаружил так называемое предварение равноденствий и весьма точно определил его величину. Это явление связано с медленным изменением направления земной оси и объяснено было лишь Ньютоном.

Математическое описание астрономических явлений достигло своей вершины в системе александрийского астронома и географа *Клавдия Птолемея*, жившего уже в нашу эру (ок. 90 – ок. 160). Птолемей дополнил каталог Гиппарха, изобрел новый, широко применявшийся впоследствии астрономами инструмент — стенной круг, усовершенствовал основной математический аппарат тогдашней астрономии — тригонометрию, вычислил таблицы синусов. Но мы знаем его прежде всего как создателя первой математической теории сложного видимого движения пла-

нет. В основу *геоцентрической теории* Птолемея были положены аристотелевы представления: в центре мира находится неподвижная Земля, вокруг нее вращаются планеты и Солнце. Правда, в отличие от Аристотеля, полагавшего движение планет совершенным, то есть равномерным и круговым, Птолемей для согласования теории с результатами наблюдений вынужден был считать, что каждая планета принимает участие одновременно в нескольких таких движениях, так что суммарное движение оказывается не слишком «совершенным». Подобрал параметры этих вспомогательных движений, Птолемей смог составить таблицы, предсказывавшие движение планет с неслыханной по тем временам точностью.

С современной точки зрения метод Птолемея эквивалентен представлению закона движения планеты в виде ряда (бесконечной суммы простых функций) и учете нескольких основных членов ряда. Этот метод является приближенным, благодаря чему с течением времени накапливается разница между предсказанным и истинным положением планет. Для уменьшения этой разницы астрономам последующих веков приходилось вводить дополнительные круговые движения (учитывать следующие члены ряда), общее число которых достигало двух десятков для каждой планеты.

Рассказывают, что когда великий португальский путешественник, принц Генрих (Энрике) Мореплаватель ознакомился с такой громоздкой моделью мира, он воскликнул: «Если бы господь Бог, создавая мир, спросил моего совета, то многое в мире было бы устроено получше, а главное — попроще!», за что едва не был отлучен от церкви папой римским. Помимо обвинения в богохульстве, дело было еще и в том, что католическая церковь приняла и канонизировала идейную основу системы Птолемея — геоцентризм. Сам же Птолемей рассматривал ее как удобный математический способ описания небесных явлений, не претендующий на отражение истинного устройства Вселенной.

4.2. Атомистическое учение Эпикура-Лукреция

Практически единственной попыткой в послеаристотелевский период античности нарисовать универсальную картину мира было учение *Эпикура Самосского* (341 – 270), возродившего и углубившего атомистику Демокрита. Правда, в духе времени, философская система Эпикура приобрела известность прежде всего благодаря своим морально-этическим выводам. В своей школе «Сад», созданной в Афинах в 307 году до н.э., Эпикур учил, что целью человеческой жизни является достижение счастья, понимаемого как отсутствие страданий. Средством достижения счастья назывались добродетельная жизнь в тиши и покое, вдали от шумной толпы, дружба, любовь. Но главная причина страданий — вера в богов, поэтому счастье достигается освобождением от религии. Такому освобождению и служит принятая и усовершенствованная Эпикуром атомистическая система мира, в которой богам нет места.

Особенную популярность эпикурейство приобрело в Риме в смутное время гражданских войн и восстаний рабов (II – I века до н.э.) Самым известным нам эпикурейцем Рима был *Тит Лукреций Кар*, автор бессмертной поэмы «О природе вещей», в которой подробно изложены натурфилософские взгляды Эпикура. Но значение поэмы, как считает Б.Г. Кузнецов, не сводится к поэтическому *изложению* определенных сведений; гораздо большее значение имеет сделанное Лукрецием поэтическое *обобщение* теории Эпикура, равное по художественному таланту философской глубине и прозорливости последней.

«Поэтическое обобщение отнюдь не тавтологично [не просто повторяет содержание излагаемого]. Оно включает ряд идей, образов (в первую очередь именно образов) и понятий, которые, даже не раскрывая новых сторон действительности, служат стимулами для дальнейших поисков... В указанном отношении поэма Лукреция оказала на науку трудно определимое, но несомненно огромное воздействие».

Б.Г. Кузнецов. Этюды об Эйнштейне

В чем же заключались взгляды Эпикура-Лукреция?

Два единственных начала мироздания — пустое пространство и материя. Пространство однородно и бесконечно; бесконечна и материя. Материя состоит из дискретных элементов — атомов, которые, в отличие от атомов Демокрита, обладают не только размерами и формой, но и весом, заставляющим их падать в мировом пространстве. Останавливаться атомы не могут.

Исходя из понимания мира как движущихся атомов, Лукреций дает объяснение множества природных явлений (кстати, стремление перекинуть прочный мост от свойств не наблюдаемых атомов к знакомым каждому вещам привнесено именно поэтом): белье сохнет потому, что от него отрываются атомы воды, каменные ступени стираются подошвами людей, уносящих на них атомы камня. Он считает свет потоком корпускул и правильно объясняет зрение действием на глаза атомов, летящих от всех тел; понимает относительность движения; за шестнадцать столетий до Галилея он, споря с Аристотелем, объясняет меньшую скорость падения легких тел по сравнению с более тяжелыми сопротивлением воздуха и заключает отсюда, что в пустоте все тела должны падать одинаково быстро.

Среди множества идей, рассмотренных в поэме «О природе вещей», особого внимания заслуживает идея о так называемых *clinamen* — спонтанных отклонениях атомов от своих прямолинейных траекторий. Эпикур и Лукреций понимали, что движение атомов по траекториям, строго определенным тем или иным законом (например, обусловленное их весом падение строго вниз), неизбежно приводит к **фатальной детерминированности, предопределенности** всех будущих событий, в том числе и человеческих поступков. Это казалось совершенно неприемлемым с точки зрения этики, так как отрицало наличие у человека свободы воли, а, значит, и ответственности за свои деяния. Выход был найден в представлении о том, что атомы, помимо закономерных движений, испытывают еще спонтан-

ные, случайные, непредсказуемые отклонения от своих законных путей — *clinamen*.

«... тела изначальные в некое время

В месте, неведомом нам, начинают слегка отклоняться,

Так что едва и назвать отклонением это возможно.

Если ж, как капли дождя, они вниз продолжали бы падать,

Не отклонясь ничуть на пути в пустоте необъятной,

То никаких бы ни встреч, ни толчков у начал не рождалось,

И ничего никогда породить не могла бы природа».

Лукреций. О природе вещей

«Лучше было бы следовать мифу о богах, чем быть рабом физиков (естествоиспытателей), миф дает намек на надежду умилостивить богов посредством почитания их, а судьба [предопределенная траекториями атомов] заключает в себе неумолимую необходимость».

Эпикур. Письмо к Менекию

Только недавно ученые, уже на нынешнем уровне развития науки, осознали, как прав был Эпикур, утверждая необходимость случайных, непредсказуемых флуктуаций в поведении микрочастиц, неизбежность «шума», который является источником богатства и разнообразия форм нашего мира.

Споры между античными атомистами и сторонниками представлений о непрерывности, бесконечной делимости материи стали одной из основных движущих сил развития картины мира в новое и новейшее время. Очень поучительно проследить, как они преломляются в истории борьбы корпускулярных и волновых учений о природе света, противопоставления поля и вещества, проблемы соотношения классических и квантовых свойств материи. Как обычно, в конце концов оказалось, что истина находится между крайними точками зрения и глубже их: дискретность и непрерывность являются не взаимоисключающими, а взаимодополняющими атрибутами материи.

4.3. Биологические представления античности

Раздвижение границ Ойкумены (так греки именовали известную им часть Земли) в эпоху эллинизма способствовало накоплению географических и биологических знаний. Если Аристотель считался отцом зоологии, то его любимый ученик, друг и преемник на посту главы Ликея **Теофраст** (372 – 287), описавший около 500 видов растений, — отцом ботаники. Продолжалось изучение человеческого тела. Работавший в Александрии Герофил Халкедонский дал подробное описание нервной системы, установил ее связь с мозгом и догадался о назначении. Эрасистрат Кеосский, придворный лекарь царя Селевка, прославился как хирург и основоположник патологической анатомии, давший первое анатомическое описание сердца. Однако после 200 года до н.э. наступает упадок античной медицины. Пожалуй, лишь имя **Галена Пергамского**, жившего уже в нашу эру (130–200), можно поставить в один ряд с его великими предшественниками. Гален известен прежде всего введением в практику биологического познания **физиологического эксперимента** на живых подопытных животных (вивисекции). Он впервые **экспериментально** доказал роль нервов как проводников двигательных и рецепторных сигналов; экспериментально же установил основную функцию спинного и головного мозгов, роль артерий как кровеносных сосудов (до Галена считалось, что они проводят воздух, так как при вскрытии трупов неизменно оказывались пустыми). Таким образом, благодаря Галену экспериментальный метод в биологии имеет гораздо более давнюю историю, чем в физике.

Основные натурфилософские представления, сложившиеся на античном этапе развития биологии, заключаются в следующем. Все тела, как живые, так и неживые, построены, в общем, из одних и тех же элементов. Гиппократ, например, считал первичными строительными материалами человека и животных четыре сока (гумора): кровь, слизь, желтую и черную желчь, аналогичные четы-

рем стихиям. Однако живое отличается от неживого **целесообразностью** своего устройства, гармонией работы всех органов. Жизнеспособность (то есть способность двигаться, питаться, ощущать и мыслить) телу сообщает либо нематериальная душа, как считал, например, Аристотель, либо особая материальная субстанция, материальный первоисточник жизни — пневма (Гиппократ, Гален). В соответствии с этим в научной традиции душой в большей или меньшей степени наделялась вся природа, и считалось, что она непрерывно порождает живые организмы из гниющего ила, трупов, экскрементов и т.п. (представление о **самопроизвольном зарождении** жизни). Существовала и другая точка зрения, которая получила особенно широкое распространение после возникновения христианства: человек и все живое сотворены богом, а после этого новые организмы возникали только естественным путем размножения (**креационизм**). В божественное сотворение человека верил, например, Гален, хотя христианином и не был.

5. Зарождение научного метода

5.1. Раннехристианская схоластика

В последний период античности — эпоху упадка Римской империи — естественнонаучные исследования практически прекращаются. Интерес к знаниям о природе у римлян ограничивается изданием популярных энциклопедических сводов уже известного, причем известного давно. Понимание мира как единого целого уходит очень далеко от первоначальной идеи греческих мыслителей о его материальном единстве. Это единство начинают представлять себе по Платону: процессы в природе протекают таким образом, чтобы мир в целом приближался к некоему идеальному прообразу, который существует вне мира, предшествует ему и определяет его оптимальное состояние. Такие взгляды получили название неоплатонизма. Парадокс

заклучался в том, что неоплатоники активно использовали учение Аристотеля — противника философии Платона — о конечных причинах, одновременно очищая его от всего, что давало хотя бы намек на возможность познания природы исходя из нее самой.

В начале IV века нашей эры христианство становится государственной религией Римской империи, что знаменует окончательный распад античной картины мира. На смену ей приходит христианская мифология. Античная наука была почти забыта, образованность сводилась к изучению «семи свободных искусств», объединявшиеся в две ступени, которые, как считалось, ведут к познанию бога:

- а) тривиум (отсюда — «тривиальный»): грамматика, риторика, логика;
- б) квадравиум: арифметика, геометрия, астрономия и музыка.

313 г. По Медиоланскому (Миланскому) эдикту христиане получают право свободного исповедания своей религии.

324 г. Император Константин издает «Декрет о веротерпимости», которым, для спокойствия империи, дозволяется исповедовать и языческие религии.

325 г. Никейский собор принимает символ христианской веры.

380 г. Эдикт императора Феодосия «О католической вере», по которому христианская вера становится **обязательной** для всего населения Римской империи.

393 г. Последние Олимпийские игры античности.

529 г. Император Юстиниан разгоняет языческие философские школы в Афинах, на чем история античной науки заканчивается.

Раннехристианская картина мира была чисто мифологической и сознательно отказывалась от поиска рациональных объяснений мироздания. **Квинт Септимий Флоренс Тертуллиан** (160 – 220), карфагенянин, яркая и страстная натура, принявший христианство уже в зрелом возрасте, писал: «Мы не нуждаемся ни в любопытстве после Христа, ни в изысканиях после Евангелия». И еще одна цитата: «И

умер сын Божий; это достойно веры, ибо нелепо [credo, quia absurdum est!]; и погребен он, и воскрес: это достоверно, так как невозможно».

Однако картина мира, основанная исключительно на вере, не могла эффективно выполнять функцию поддержки религии в мире, который уже узнал соблазн причинного, рационального объяснения природных явлений. Буквальное понимание известного положения о том, что «без воли Божьей ни один волос не упадет с головы человеческой», во-первых, возлагало на бога слишком суетные и мелкие функции, а во-вторых, делало чудом, результатом прямого божественного вмешательства, всё происходящее в мире! Но там, где чудесно всё, чуда нет! Поэтому уже в IV веке возникают попытки найти компромисс, разумное в вере, нарисовать картину мировой гармонии, которая бы не требовала постоянного вмешательства бога во все, происходящее ежесекундно на Земле. Первым и самым блестящим представителем этого направления был **Блаженный Августин** (Августин Аврелий, 354 – 430), епископ Гиппона — города в Северной Африке. Подобно Аристотелю, он, не отрицая необходимости устанавливать факты об устройстве природы, строит здание своих достаточно убедительных рассуждений на основе нескольких априорных предпосылок. Отличие от Аристотеля заключалось в том, что главной аксиомой для Августина было создание природы всемогущим и всеблагим творцом. Исходя из нее, Августин объясняет очевидную целесообразность строения живых организмов тем, что гармонию частей живого установил бог. Совершенно аналогично Аристотелю, он вводит телеологическое понятие об **ответном предопределении**, согласно которому все события в мире, даже те, которые не осуществились, предусмотрены творцом и направлены на достижение высшей цели. Говоря словами Августина, «мир походит на гигантское дерево, корни которого содержат в себе в незримой возможности и причинной связи все позднейшие образования».

Августин блестяще показал, что, пользуясь аксиоматически-дедуктивным методом, можно логически безупречно доказать *любое* желаемое положение, если подходящим образом выбрать посылки. Можно поспорить и самим Аристотелем (с Аристотелем-физиком, а не Аристотелем-логиком!): если тот считал материю вечной и несотворенной, то Августин доказал, что она сотворена богом из ничего.

Блаженный Августин был предтечей *схоластики* — религиозно-философского направления, пытавшегося решить вопросы бытия чисто рациональным путем, исходя при этом из догматов христианской веры. Видный представитель этого направления, Ансельм Кентерберийский (1033 – 1109), который доказывал бытие Бога, подобно Пармениду, доказывавшему общие свойства бытия, уже говорил «Credo ut intelligendum (Верую, чтобы понимать)».

Основной метод схоластов заключался в формально-логическом выведении следствий из канонических церковных текстов. Известны рассказы о схоластических диспутах, в которых, отправляясь от признаваемых всеми цитат, участники логическим путем выясняли количество ангелов (или чертей), которое может поместиться на кончике иглы.

Родоначальником схоластики считается Иоанн Дамаскин (675 – 753), сочинивший громадный трактат «Источник знания». В первой части трактата излагалась метафизика и логика Аристотеля. Здесь Иоанн дает основную формулу христианской теологии в отношении к философии: «философия — служанка богословия»; здесь же он называет Аристотеля «предтечей Христа в делах природы».

Деятельность схоластов охватила целое тысячелетие, но не привела к сколько-нибудь заметным результатам в познании природы, да и не могла привести. Прекрасно понимая это, схоластика и не претендовала на отражение реального мира. Она была направлена на описание «града божьего», который не от мира сего и потому может постигаться только разумом.

Схоластические взгляды и методы оказали большое влияние на методологию науки и отношение к создаваемой ею картине мира. Уже в нашем веке философы-конвенционалисты (от «конвенция» — соглашение) заявляли, что любая научная теория, закон, принцип есть не более чем результат соглашения между учеными, принимаемого из соображений удобства и простоты. Л.Н. Толстой считал, что ученые делают выбор фактов, лежащих в основу их теорий, руководствуясь исключительно капризами любопытства, в то время как делать выбор надо исходя из задачи морального усовершенствования. Подобные рассуждения исходят из представления о том, что ученые могут, как схоласты, свободно выбирать, на каком фундаменте строить свои теории. В действительности же *существует особый, предопределенный самой природой, разумный метод отбора и истолкования фактов — научный метод.*

5.2. Зарождение научного метода

Основы научного метода были описаны еще в XIII веке монахом-францисканцем *Роджером Бэконом* (ок. 1214 – 1292), который писал: «Есть три источника знания:

- 1) авторитет;
- 2) разум, то есть силлогистическое знание;
- 3) опыт.

Познанию лучше всякого силлогизма служит опыт... Математика — корень и завершение, ключ всех наук».

В то время придерживаться подобных взглядов было небезопасно. Истину следовало искать только у авторитетов, то есть в священном писании и трудах отцов церкви. Бэкон провел 24 года в тюрьме, а его труды были прикованы цепями к самым дальним полкам оксфордской библиотеки ордена францисканцев.

В огромной степени становление научного метода познания обязано универсальному гению Возрождения *Леонардо да Винчи* (1452 – 1519), который провозгласил: «La sapienza e la figliola della sperienza! (Знание — дочь опыта)... Пусты и полны заблуждений те науки, которые не

порождены опытом, отцом всякой достоверности, и не завершаются в наглядном опыте, то есть науки, начало, середина или конец которых не проходят ни через одно из пяти чувств... Опыт никогда не ошибается, ошибаются только суждения... Ни одно человеческое исследование не может называться истинной наукой, если оно не прошло через математические доказательства».

Леонардо, будучи внебрачным сыном, не получил систематического образования. В четырнадцать лет его отдали в ученичество флорентийскому художнику и скульптору Вероккьо. В мастерской он не только обучился азам художественного мастерства, но и приобрел познания в математике, механике, оптике, технике. В двадцать лет он успешно выполняет работу, требующую для зачисления в художественный цех Флоренции и... предлагает свои услуги герцогу Милана в качестве инженера.

В Милане Леонардо работает инженером и архитектором, скульптором и живописцем. Он пишет знаменитую фреску «Тайная вечеря», иллюстрирует книгу математика Луки Пачоли — первый трактат по теории бухгалтерского дела. После оккупации Милана французами в 1499 г. ему приходится вернуться во Флоренцию, где он создает несколько бессмертных полотен, в том числе «Джоконду», и не прекращает занятий математикой, размышляет над проблемами воздухоплавания, изучает анатомию птиц и механику их полета. В 1507 году он возвращается в Милан в качестве живописца и... интенсивно занимается анатомией, иллюстрирует сочинение врача дельла Торре. Интерес к анатомии, которую нельзя изучать не вскрывая трупов, стоил Леонардо многих неприятностей — в 1516 году ему пришлось покинуть Италию, и 2 мая 1519 года он умирает во Франции.

В биологии становление научного метода протекало в некотором смысле легче, чем в физике или астрономии. Это в значительной степени связано с тем, что здесь пришлось не противостоять Аристотелю-метафизику, а, скорее, следовать Аристотелю-наблюдательному биологу и экспериментатору Галену. Леонардо стал достойным продолжателем их дела. Он довел до возможных по тому времени пределов описательный метод в анатомии, употребив

свой художественный дар для точного изображения костей, мускулов, кровеносных сосудов. Он широко использовал сравнительный метод в анатомии, открыв явление гомологии: «Все наземные животные имеют сходные [гомологичные] члены, отличающиеся друг от друга лишь длиной и толщиной». Так, гомологичны рука человека, крыло птицы и плавник кита.

Леонардо многое сделал для физиологии: прекрасно разбирался в работе мускулов, открыл перистальтику кишечника, исследовал функции отдельных частей нервной системы, объяснив причину непроизвольных движений мускулатуры. Все это, однако, отходит на второй план перед его глубоким пониманием *обмена веществ*, который он рассматривал (вспомните Гераклита!) как непрерывное умирание и непрерывное возрождение в процессе жизни. Эта идея стала одним из краеугольных камней всей науки о живом. *Образом* живого после Леонардо стало пламя горящей свечи.

Леонардо да Винчи оказался одним из первых палеонтологов. Он высказал мысль об изменчивости лица Земли под действием геологических процессов. «То, что некогда было морским дном, стало вершиной гор... Горы создаются и разрушаются течением рек».

Начало первой научной революции, во всяком случае, начало ее первого, отрицающего этапа, обычно отсчитывают от 1543 года, когда вышла книга *Николая Коперника* (1473 – 1543) «Об обращениях небесных сфер». Коперник отверг один из элементов аристотелевой картины мира — геоцентризм — и предложил вернуться к *гелиоцентрической системе* Аристарха Самосского. Главным аргументом при этом была логическая стройность и простота гелиоцентрической системы. Это чисто эстетическое соображение имело очень большое значение для Коперника, получившего классическое образование (он двадцать лет проучился в университетах Италии, бывшей тогда для Европы тем же, чем Александрия для эллинистического мира)

и, несомненно, глубоко проникшегося очарованием античных идей и ценностей.

Оборотная сторона медали заключалась в том, что, подобно античным ученым, Коперник исходил из ряда умозрительных предпосылок, оказавшихся неверными. Он, следуя древним, считал истинные движения небесных тел равномерными и круговыми, Вселенную — замкнутым пространством, ограниченным сферой неподвижных звезд. Аргументы он приводил следующие: «Невозможно, чтобы первичное небесное тело двигалось неравномерно по своей орбите. Ибо это может происходить или вследствие непостоянства движущей силы... либо вследствие несовершенства обращающегося тела... И то, и другое противно разуму, и недостойно предполагать что-либо подобное в том, что устроено в высшей степени совершенно».

Ошибочность представлений о том, что орбиты планет — идеальные концентрические окружности, а движение по ним строго равномерно, заставила Коперника, подобно Птолемею, вводить вспомогательные круговые движения планет общим числом до 34. Точность же составленных им таблиц движения планет была не лучше точности существовавших тогда, рассчитанных по модели Птолемея.

Интересны два более частных момента: во-первых, в книге «Об обращениях небесных сфер» высказывается идея, что каждая планета является центром притяжения тел; во-вторых, в главе VI Коперник мимоходом упоминает об атомах как о чем-то само собой разумеющемся.

Таким образом, теория Коперника была не столько первой теорией Нового времени, сколько последней теорией античности. Основное ее значение заключалось в том, что она бросила вызов официально принятой космологии, показав возможность других точек зрения. Она воскресила идеи древних о подвижности Земли и ее ординарности среди других планет, став символом Возрождения в науке, как творения Микеланджело в искусстве. Однако доказательная сила работы Коперника с точки зрения научной методологии, требующей широкой опытной проверки, была велика. Отчасти тому способствовала специфика самой ас-

трономии, которую и в наши дни затруднительно назвать экспериментальной наукой. Между прочим, сам Коперник в предисловии к своей великой книге писал: «Да не обра- щается никто к астрономии, если желает узнать что-либо достоверное» (имеется в виду — о действительном устрой- стве Вселенной).

В том же 1543 году появилась другая книга, профессо- ра Падуанского университета Везалия (1514 – 1564), «О строении человеческого тела». Она представляла собой полный и точный свод сведений по анатомии человека с прекрасными иллюстрациями одного из учеников Тициана. Не будучи, в отличие от труда Коперника, источником ка- ких-то особенно революционных идей, она оказалась более эффективной для утверждения опытно-экспериментального метода, поскольку содержащиеся в ней выводы мог провер- ить и непосредственно использовать в работе каждый врач. С появлением труда Везалия анатомия — наука о строении тела — вступила в период зрелости и проложила дорогу физиологии — науке о его функционировании.

5.3. Создание научного метода

Родоначальниками современной науки считаются ан- глийский государственный деятель и философ **Френсис Бэ- кон** (1561 – 1626), итальянский физик **Галилео Галилей** (1564 – 1642) и английский врач **Уильям Гарвей** (1578 – 1657), которые осознали необходимость органического единства опыта и теории, индукции и дедукции.

Френсис Бэкон, не будучи специалистом в какой-то конкретной области естествознания, с 16 лет посвятил себя разработке **новой методологии научного познания**. В сво- ем главном сочинении «Новый органон» (1620) он провоз- гласил необходимость отказа как от метода эмпириков, за- нимавшихся бездумным экспериментированием без долж- ного осмысления его результатов, так и от метода схоластиков, которые от непосредственных восприятий и частных фактов сразу делают скачок к широким выводам,

исходя из которых, путем дедукции и силлогизмов продолжают строить новые, еще более спорные и сомнительные выводы. «Наш путь и наш метод — пишет Бэкон, — состоит в следующем: мы извлекаем не опыты из опытов, а причины и аксиомы из практики и опытов, а из причин и аксиом — снова практику и опыты, как верные истолкователи природы... Лучше же всего продвигается вперед естественное исследование, когда физическое завершается в математическом».

Галилео Галилей *реализовал экспериментальный метод* на практике, придав ему такие современные черты, как создание идеализированной модели реального процесса, абстрагирование (отвлечение) от несущественных факторов, многократное повторение опыта и т.д. Он возродил математический подход Архимеда к исследованию явлений природы, провозгласив, вслед за Леонардо, что великая книга природы написана на языке математики. Галилей экспериментально опроверг утверждение Аристотеля о том, что скорость падения пропорциональна весу тела и установил, что скорость падающего тела пропорциональна времени падения, а пройденное расстояние — квадрату последнего. Он указал, что шар, катящийся по идеально гладкой горизонтальной плоскости, будет продолжать свое движение равномерно, пока не кончится плоскость (подход к закону инерции). С помощью открытого им свойства тел сохранять свою скорость объяснил, почему на вращающейся Земле груз падает вертикально, ветер не дует все время с востока, птиц не сносит против вращения Земли (это были распространенные аргументы сторонников неподвижной Земли). С помощью телескопа Галилей открыл горы на Луне, пятна на Солнце, продемонстрировав, что небесные тела отнюдь не являются совершенными, как им приписывала традиция. Обнаружив спутники Юпитера, которые образуют как бы гелиоцентрическую систему в миниатюре, Галилей окончательно похоронил аристотелеву космологию.

Эпоха **научной биологии** отсчитывается с 1628 года, когда вышла книга Уильяма Гарвея «Исследование о движении сердца и крови у животных». До этого в медицине господствовали взгляды Галена, ставшие почти священными. Гален считал, что вены и артерии — это две независимые системы, два «деревя» кровеносных сосудов, по каждой из которых кровь движется от сердца и поглощается в органах. Сердце у Галена играло роль смесителя светлой артериальной крови, насыщенной пневмой — носителем жизненной силы, — и темной венозной крови.

Гарвей представил экспериментальные доказательства, подкрепленные убедительной теорией того, что артерии и вены являются частями замкнутого круга кровообращения, по которому кровь циркулирует под воздействием мощного насоса — сердца. Он был первым человеком, серьезно применившим математику в науке о живом. Именно, он вычислил количество крови, проходящей через сердце за час (получилась величина, сравнимая с весом человека) и показал, что этот результат несовместим со старым представлением о кровообращении. Убедительная сила учения Гарвея была такова, что яростная критика со стороны современных ему врачей — приверженцев старой школы уже к концу его жизни сменилась всеобщим признанием.

6. Механическая картина мира.

6.1. «Дайте мне материю и движение...»

Начиная с Коперника, картина мира становится все в большей степени картиной **движущихся** тел. Вселенная Аристотеля с абсолютно неподвижным центром — Землей — сменяется системой, в которой Земля движется. У Галилея движется и Солнце. Постепенно идея всеобщности движения развивается в идею его **необходимости**, идею **движения как способа существования** материальных тел. В первой половине XVIII века великий французский ученый и философ, физик, математик, физиолог **Рене Декарт**

(Картезий, как он подписывал свои сочинения на латыни, 1596 – 1650) попытался построить первую универсальную картину мира Нового времени, положив в основу идею вечно движущейся материи.

Дворянин по происхождению, Декарт получил образование в иезуитском колледже и в университете Пуатье, где изучал медицину и юриспруденцию. После окончания учебы он служит наемником в армии Морица Оранского, а затем курфюрста Баварского. Именно в это время он начинает интересоваться философией и математикой. Изобретя аналитическую геометрию, изучающую свойства геометрических кривых с помощью чисто арифметических и алгебраических средств, Декарт приходит к идее некоей «всеобщей математики», которая позволила бы охватить и объяснить весь мир с помощью выкладок, подчиняющихся столь же строгим и однозначным правилам. В 1637 году он издает книгу «Рассуждение о методе, чтобы хорошо направлять свой разум и отыскивать истину в науках», а результаты применения своего метода к объяснению мира и его происхождения излагает в сочинениях «Начала философии» (1644) и «Мир» (издано в 1664 году посмертно, так как содержало опасные по тем временам неортодоксальные представления о роли бога в мировых делах и изложение системы Коперника). Получив еще при жизни широкую известность и авторитет, Декарт был приглашен шведской королевой Кристиной стать ее учителем. Переехав в Стокгольм, он не вынес непривычного климата, заболел и 11 февраля 1650 года умер.

Все явления природы Декарт объяснял механическим взаимодействием элементарных материальных частиц, **корпускул**. В отличие от атомов Демокрита и Эпикура, корпускулы Декарта делимы и вплотную прилегают друг к другу, не оставляя во Вселенной места для пустоты. Соответственно, взаимодействие он представлял себе как давление или удар при непосредственном контакте корпускул друг с другом. Таким образом, Декарт ввел в науку концепцию **близкодействия**.

«Материя во всей Вселенной одна и та же... Все воспринимаемые нами свойства ее исчерпываются способно-

стью дробиться и двигаться. Причина движения — сам бог: он сотворил материю вместе с движением и покоем; он сохраняет в ней то количество движения и покоя, которые вложил при творении...

За исключением величины, фигуры и движения, мы не признаем у материи никаких свойств вроде света, теплоты, запаха, вкуса, звука, вообще чувственного качества. Все это только различные состояния в величине, фигуре, строении и движении предметов... Движение, смотря по различию производимых им действий, называется то теплотой, то светом...» — так писал Декарт в «Началах философии». В «Мире» он впервые предложил космологическую модель, в которой современное состояние Вселенной объясняется как результат длительной *эволюции* материи, *закономерного развития* из первоначального хаоса (ну, а уж хаос-то сотворен богом). Декарт подробно прослеживает, как законы его механики приводят к возникновению в первоначальном хаосе вихрей, которые сортируют частицы по размерам и подвижности, подобно сепаратору. С течением времени вихри формируют Солнце и планеты и заставляют последние обращаться по определенным орбитам. Далее теми же механическими закономерностями объясняется образование твердой земной коры, гор, морей и т.д.

Учение Декарта, возродившее рационалистический материализм греков и оставившее богу роль скромного наблюдателя событий в сотворенной им Вселенной, надолго определило дальнейшее развитие науки и культуры, оказывая серьезное влияние на формирование научных взглядов XVIII и даже XIX веков. Однако *картезианство не стало действительно научной картиной мира, поскольку основой его были чисто умозрительные представления. Основным средством установления истины Декарт провозгласил логические рассуждения, которые должны опираться на врожденные разуму человека идеи, являющиеся абсолютными истинами.* Это был откат к Аристо-

телю и дальше, за что природа отплатила Декарту, открыв ему лишь немногие и незначительные свои тайны.

Чисто по-человечески досадно, читая сочинения Декарта, видеть, как великий ум приходит к выдающимся открытиям — и рядом видеть совершенно фантастические утверждения, которые, кажется, ничего не стоит проверить. Вот первое правило механики Декарта: «Каждая частица материи продолжает находиться в одном и том же состоянии движения до тех пор, пока столкновение с другими частицами не вынуждает ее изменить это состояние». Закон инерции? Но, как выясняется, речь идет об инерционном сохранении не только прямолинейного равномерного, а всякого движения, в том числе движения свободной частицы по кругу. Вот второе правило: «Если одно тело сталкивается с другим, оно не может сообщить ему никакого другого движения кроме того, которое потеряет во время этого столкновения». Закон сохранения импульса? Но картезианская теория удара, основанная на этом правиле, оказывается неверной, поскольку не учитывает возможную неупругость сталкивающихся тел и другие нюансы, обнаружить которые можно, пожалуй, только экспериментально. Немножого стуют и аксиомы о трех видах первичных элементов (земля, воздух и огонь), различающихся величиной частиц; о существовании, наряду с материей, мыслящей субстанции, или разума и т.д. Не случайно составители хрестоматии «Классики физической науки» не смогли из всего наследия Декарта выбрать для нее ничего лучшего, чем третьестепенного значения фрагмент, объясняющий явление радуги.

Очень ярко отрицательные стороны чисто дедуктивного метода Декарта проявляются в его представлениях о живой природе. Распространив свои идеи о Вселенной как грандиозном механизме на мир живого, философ пришел к выводу, что биология — не более, чем усложненная физика, растения — великолепно сконструированные машины, а животные — блестяще сооруженные и эффективно действующие автоматы. Он наблюдает и описывает инстинктивные действия животных, доказывает, что в них отсутствует элемент разумности, целепонимания. Он интересуется уст-

ройством нервной системы и дает механистическое объяснение рефлексов, подтверждающее взгляд на животных как на бездушные автоматы. С другой стороны, он чувствует качественную разницу между живым творением и самым сложным механизмом. Ее причину Декарт объясняет особым фактором — животными духами, — присутствующими в организмах и отсутствующими в механизмах. И хотя по его представлениям животные духи — это частицы крови, нечто вполне материальное, фантастичность и искусственность этого объяснения очевидна. Когда же речь заходит о человеке, Декарт, признавая его автоматом во всем, что касается физиологических функций, отличает его от животных наличием нематериальной души, для которой находит вполне конкретное место — шишковидную железу у основания мозга.

Кровообращение Декарт излагает по Гарвею, но вопреки экспериментально обоснованному объяснению Гарвея, он фантастически толкует работу сердца («так должно быть!»), связывая ее с «разрезанием» находящейся в сердце крови под влиянием развиваемого сердцем «огня». С одной стороны, он пишет: «чтобы лучше понять природу растений и животных, предпочтительнее думать, что они порождены из семени, а не созданы богом при начале мира». Вот пример научно-исторического подхода к природе! Однако дальше он берется описывать динамику зародышевого развития из семени и... начинается основанная на «врожденных идеях» сплошная фантастика, которая в устах ученого XVII века ничего, кроме недоумения, вызвать не может. Такова цена выбора неправильного метода.

6.2. Ньютон: первая научная картина мира

Создание первой действительно научной картины мира связано с именем и методом **Исаака Ньютона** (1643-1727).

Ньютон родился через несколько месяцев после смерти Галилея, в фермерской семье. Получив хорошее образование в школе города Грантем, он поступает в Тринити-колледж в Кем-

бридже, где в начале 1665 года вместе с 25 другими студентами получает степень бакалавра. Спасаясь от страшной эпидемии чумы 1664–1667 гг., он проводит полтора года (с августа 1665 по 25 марта 1667) в деревушке Вулсторп. Именно здесь он сделал свои основные открытия, однако они остаются неизвестными миру до выхода в 1687 году главного труда Ньютона — «Математических начал натуральной философии». В 1669 году он становится профессором своей альма матер — Тринити-колледжа, и в течение 27 следующих лет его обязанности заключаются в ежегодном чтении 10 получасовых лекций. Иногда никто из студентов не приходил (лекции Ньютона славились непонятностью), и тогда он возвращался домой. Такие благоприятные условия использовались ученым, главным образом, для занятий алхимией и теологией. В 1696 году он был назначен управляющим Лондонского монетного двора и за короткое время увеличил чеканку монеты в восемь раз, не поставив ни одного нового станка. Одновременно Ньютон проявил незаурядные детективные способности, передав за один 1697 год в суд дела, по которым было казнено 20 фальшивомонетчиков. В 1703 году он согласился занять пост председателя Королевского общества (британской академии наук), на котором оставался вплоть до своей смерти в 1727 году.

Ньютон довел до логического завершения развитие **индуктивного метода**, начало которому положил Галилей. Он сознательно отказался от поиска «конечных причин» природных явлений («Гипотез не измышляю!»), который традиционно считался главной задачей ученого, и ограничился, в противоположность картезианцам, точным изучением количественных закономерностей этих явлений, из которых уже индуктивно выводил общие законы.

Ядром ньютоновской системы описания Вселенной служит триада:

- 1) законы динамики (три закона Ньютона, которые все проходили в школе);
- 2) исчисление бесконечно малых (на современном языке — математический анализ);
- 3) закон всемирного тяготения.

Законы динамики (главным образом, второй закон $\mathbf{r} \quad \mathbf{a} = \dot{\mathbf{F}} / m$) позволяют *поставить математическую задачу* о вычислении траектории тела. Закон всемирного тяготения дает возможность *вычислить силу*, входящую в уравнения динамики. Исчисление бесконечно малых, честь открытия которого Ньютон делит с Лейбницем, позволяет *решить эти уравнения*.

Такой подход к изучению природных явлений оказался исключительно плодотворным. Теории Ньютона были уже не общим натурфилософским учением, а *точным* (и почти на два века, единственным) рабочим инструментом исследования окружающего мира. Сам он с помощью этого инструмента показал, что если справедлив закон гравитационного притяжения, сила которого обратно пропорциональна квадрату расстояния, то планеты должны двигаться вокруг Солнца по эллиптическим орбитам в полном соответствии с эмпирически установленными законами Кеплера; что кометы принадлежат Солнечной системе (потом его последователь Эдмунд Галлей, опираясь на ньютоновскую механику, впервые вычислит траекторию и предскажет возвращение одной из комет, которая теперь носит имя Галлея); что приливы и отливы объясняются притяжением вод океана к Солнцу и Луне; что прецессия земной оси, приводящая к открытому еще Гиппархом предварению равноденствий, есть результат гравитационного воздействия Солнца и Луны на сплюснутую с полюсов Землю. Предположив, что закон тяготения справедлив в масштабах всей Вселенной, Ньютон пришел к выводу, что лишь в бесконечной Вселенной материя может существовать в виде множества небесных тел. В конечной же Вселенной все они рано или поздно слились бы в единое тело в центре мира. Так он заложил основу научной космологии.

Ньютон был прекрасным экспериментатором-универсалом: металлургом, химиком, но главным образом оптиком. Занимаясь шлифовкой линз для телескопов-рефракторов, он столкнулся с проблемой хроматической аберрации (паразитного окрашивания

изображения), исследование которой привело его к открытию сложного состава белого света. Он построил первый в мире отражательный зеркальный телескоп-рефлектор. Имея длину 15 см и диаметр 2.5 см, то есть габариты карандаша, телескоп Ньютона позволял наблюдать спутники Юпитера! За это изобретение он был избран членом Королевского общества. Этот пример лишний раз показывает трудность правильной оценки творений современников: Эйнштейн тоже ведь получил Нобелевскую премию отнюдь не за теорию относительности...

В 1672 году Ньютон изложил перед членами Королевского общества свою корпускулярную теорию света, которая пыталась дать объяснение важнейшим оптическим явлениям на основе применения законов механики к движению световых корпускул. Он же ввел понятие об объектах, которые мы сейчас называем черными дырами, указав, что если небесное тело достаточно массивно, то даже свет не сможет его покинуть.

В результате работ Ньютона и целого ряда блестящих математиков и физиков XVIII века (Л. Эйлер, И. Бернулли, Ж. Даламбер, Ж. Лагранж, П. Лаплас) механика выделяется в отдельную развитую науку, обладающую беспрецедентной до тех пор предсказательной силой. На ее основе возникает первая научная — **механическая картина мира**. Перечислим основные ее элементы:

1) Представления о материи. Материей считалось вещество (материальные тела). Вещество состоит из дискретных неделимых частиц — атомов, — вечных и неизменных. Из неизменности атомов следует неизменность таких свойств тел, как, например, масса.

2) Представления о движении. Мир — это движущаяся материя. Декарт говорил: дайте мне материю и движение, и я построю мир. Однако движение понималось лишь в смысле механического перемещения тел и частиц. Все другие виды движения сводились к механическому, их специфика не признавалась.

Итак, в том, что касалось движения, возобладали взгляды Декарта. Ньютон, решительный противник картезианства, отчетливо понимал, что одних только механических свойств ма-

тери недостаточно для объяснения происхождения упорядоченной Вселенной, растений и животных. Однако он не смог предложить убедительной альтернативы механистическим концепциям и был вынужден обратиться к богу как к источнику упорядоченности и первопричине движения в нашем мире.

Признавалась относительность движения, неотличимость покоя и равномерного прямолинейного движения. Допускалась возможность перемещения со сколь угодно большой скоростью.

3) *Представления о пространстве и времени.* Механическое движение по Ньютону можно описывать лишь относительно *инерциальных* систем отсчета (в которых при отсутствии внешних воздействий тело движется равномерно и прямолинейно). Однако любая реальная система отсчета неинерциальна, что проявляется в возникновении «ниоткуда» *сил инерции*. Например, в системе отсчета, связанной с поверхностью Земли, возникает т.н. сила Кориолиса, которая заставляет все реки Северного полушария подмывать свой правый берег и которой в инерциальной системе отсчета быть не должно. В поисках идеальной системы отсчета Ньютон выдвигает идею об *Абсолютном пространстве* — бесконечной однородной протяженности — и *Абсолютном времени* — бесконечной однородной длительности, — которые находятся вне тел и не зависят от них. Абсолютные пространство и время — это то, что останется в мире, если удалить из него материю, то есть пустота, вместительность материи, и чистая длительность, не связанная ни с какими материальными процессами и телами.

4) *Представления о взаимодействии.* Благодаря Ньютону стало ясно, что действие одного тела на другое — это всегда и действие второго на первое, *взаимодействие*. Считалось, что гравитация — единственный тип взаимодействия, которым можно объяснить все, даже прохождение света через вещество. Взаимодействие передается мгновенно и без какого-либо материального посредника. Это — концепция *дальнодействия*.

Сам Ньютон о мгновенном действии на расстоянии высказывался очень осторожно, подчеркивая, что принимает его только за отсутствием фактов, говорящих об обратном. «Причину этих свойств силы тяготения я до сих пор не мог вывести из явлений, гипотез же я не измышляю... Довольно того, что тяготение на самом деле существует, действует согласно изложенным нами законам и вполне достаточно для объяснения движения всех небесных тел и моря».

5) Представления о причинности и закономерности. Каждое явление имеет предшествующую ему причину. Пример — второй закон Ньютона: причиной изменения движения является сила. Из уравнений механики следовало, что следствие из причины вытекает *однозначно*.

Признаются только *динамические закономерности*, однозначно определяющие состояние системы в любой момент времени по ее начальному состоянию. Это дало основание видному представителю *механического детерминизма Пьеру Симону Лапласу* (1749 – 1827) заявить, что существу, которое было бы в состоянии в один момент схватить положение и скорости всех атомов Вселенной и все взаимодействия между ними, открылось бы все бесконечное будущее и все бесконечное прошлое Вселенной, в том числе и любой поступок любого человека.

б) Космологические представления. Вселенная бесконечна, заполнена бесконечным числом звезд, вокруг которых вечно кружатся планеты. Позднее появилась гипотеза Канта-Лапласа о происхождении Солнечной системы из газопылевого облака. Однако идея эволюции, восхождения от простого к сложному, движущая сила которого заключена в самой материи, тогда не была принята. Господствовало ньютоновское представление о том, что первый толчок Вселенной сообщила сверхъестественная сила — бог, — предоставившая затем материи двигаться в соответствии с законами механики.

7. Поиски системы в мире живого.

По замечанию Б.Г. Кузнецова, для истории науки Возрождения и Нового времени характерен последовательный перенос акцента со стиля на метод и затем с метода на систему. Для Возрождения главное — освобождение познания от авторитета, традиции, канона, создание новых, выражающих независимость исследователя особенностей философского и научного мышления. Для Галилея и Декарта главное — это уже метод, единственно правильный, однозначный путь постижения объективной истины. Наконец, для Ньютона главное — система мира, отражающая его жесткую структуру и отводящая каждому частному явлению свое строго определенное место и роль. Успехи ньютоновской системы стимулировали попытки создания аналогичной строгой системы для мира живого. Такая система была создана Карлом Линнеем, опиравшимся на огромную подготовительную работу, проделанную зоологами и ботаниками в XVII–XVIII веках.

7.1. Великие биологические открытия XVII века

В биологии, как и в физике, XVII век стал веком великих открытий. Последователь Гарвея **Франциск де ла Боз** (1614-1672), более известный под латинским псевдонимом **Сильвий**, поставил на серьезную основу изучение химии живого. Незаслуженно забытый английский химик и врач **Мэйоу** (1643-1679), анализируя результаты своих химических опытов, пришел к выводу, что дыхание и горение — процессы одного порядка: и то, и другое невозможно без чего-то, находящегося в воздухе; и то, и другое расходует это что-то...

Мощное дополнительное ускорение развитию биологии было придано изобретением **микроскопа**. Микроскоп с объективом и окуляром был впервые изготовлен, по видимому, современником и соперником Ньютона в научных открытиях англичанином **Робертом Гуком** (1635 – 1703), известным больше как автор основного закона тео-

рии упругости. В 1667 году вышла его книга «Микрография», содержащая описания и зарисовки самых разных микрообъектов — от острия иглы до челюстей муравья. Самые далеко идущие последствия имело установление им клеточного строения некоторых частей растения: стеблей репейника и папоротника, сердцевины кедра, коры пробкового дуба. Позднее английский ботаник-микроскопист *Немия Грю* (1641 – 1712) ввел понятие ткани как скопления однородных клеток. Однако самым знаменитым микроскопистом того времени стал голландский купец *Антони Левенгук* (1632 – 1723). Кстати сказать, Левенгук пользовался не микроскопом, а собственноручно изготовленными лупами, дававшими увеличение до 270 крат. С их помощью он открыл такие мелкие объекты, как эритроциты (красные кровяные тельца) и сперматозоиды. Но главным его открытием было обнаружение невидимых глазу микроскопических существ — простейших и бактерий, — которыми, как выяснилось, кишит каждая капля воды. Это открытие сыграло важную роль для развернувшихся вскоре дебатов о природе живого и его отличия от неживого.

7.2. Механический материализм и витализм

Открытия XVII века не привели, однако, к формированию биологической картины мира. Ввиду крайней сложности предмета исследований биологии было еще далеко до этапа формирования общих законов и теорий. В науке о живом на рубеже XVII–XVIII веков только начинается систематизация фактов, а физика в это время уже приобрела все признаки науки в полном смысле и вырывается в лидеры естествознания. Порожденные ее успехами механицистские иллюзии проникли в биологию, стимулировав оформление и начало ожесточенной борьбы концепций *механистического материализма и витализма*.

Механистический материализм не признает качественной специфики живых организмов. С его точки зрения они считаются просто сложными машинами. Как уже говори-

лось, таковы были взгляды Декарта. Доводом в пользу этой концепции послужило открытие Гарвея, а итальянский ученый конца XVII века Джорджио Баливи уже не смущаясь называл артерии и вены гидравлическими трубками, сердце — нагнетательным поршнем, легкие — мехами...

Естественной реакцией тех, кто не закрывал глаза на очевидные принципиальные различия между механизмами и организмами, было принятие другой крайней точки зрения — витализма, который объясняет качественное отличие живого от неживого наличием в живых организмах некоего начала, отсутствующего в неживых предметах, и не подчиняющегося физическим законам. Называться же это начало могло как угодно: душа, пневма, архей, жизненная сила, монады...

Для материалистов, считавших, что живой и неживой природой управляют одни и те же законы, особый интерес представляли открытые Левенгуком микроорганизмы. Они так повсеместно были распространены в природе и так просто устроены (недаром их назвали «простейшими»), что, казалось, они образуют нечто среднее между живым и неживым. Оставалось только доказать, что микроорганизмы непрерывно образуются из неживой материи. Виталисты же, в основном, отрицали возможность самопроизвольного зарождения жизни, поскольку, по их мнению, даже между самыми простыми формами жизни и неодушевленной природой лежит непреодолимая пропасть.

*В действительности и виталисты и материалисты часто занимали, под влиянием религиозных и других соображений, весьма причудливые позиции по вопросу о самозарождении, так что не всегда просто отнести того или иного исследователя к одной из групп (тот же Декарт с одной стороны, говорил, что все растения и животные — автоматы, с другой — верил в животные дэхи и душу). Это и не удивительно: оба подхода роднит тенденция впадать в крайность, недialeктичность подхода, пренебрежение, с одной стороны, **качественными** отличиями, а с другой - возможностью качественных **изменений**. Очень ярко*

это отразилось в популярном в те времена учении о преформации, согласно которому развитие зародыша любого существа есть на самом деле не развитие, не формирование сложного организма из просто устроенного яйца или семени, а лишь простое увеличение размеров, рост частей будущего животного или растения, которые все уже есть у зародыша. Логическим завершением этой точки зрения, доводящим ее до абсурда, служила идея инволюции о вложенных друг в друга зародышах: все черты дочери были уже заданы в то время, когда ее мать сама в виде зародыша или яйца находилась внутри своей матери и так далее до Евы.

7.3. Система живого по Линнею

К началу XVIII века в ботанике и зоологии накопился большой фактический материал. Были описаны десятки тысяч видов растений и животных. Без систематической классификации живых существ любой попытке теоретического обобщения накопленных знаний грозила опасность захлебнуться в потоке сырых фактов и необработанных сведений. Первым за эту трудную работу взялся англичанин Джон Рэй (1628 – 1705) в своих капитальных трудах «История растений» и «Систематический обзор животных». Главной его заслугой считается четкое определение понятия «вид», которое в главном совпадает с современным: «Те формы, которые как виды различны, сохраняют свою специфическую природу, и ни одна из этих форм не возникает из семени другой формы». В переводе на современный язык, вид — это группа живых организмов, способных давать при скрещивании подобное себе потомство.

Например, люди всех рас относятся к одному виду, а индийский и африканский слоны — к разным, так как потомства при скрещивании не дают. Скрещивание лошади и осла приводит к появлению мулов и лошаков, но эти последние являются бесплодными, так что лошадь и осел — это тоже разные виды.

Первая попытка всегда неудачна, и классификация Рэя оказалась несовершенной. Однако заложенные им принци-

пы использовал тот, кто по праву считается основателем научной систематики (таксономии) — шведский ученый **Карл Линней** (1707 – 1778, настоящая фамилия Ингмарссон). В своей знаменитой книге «Система природы» (1735), выдержавшей при жизни Линнея 12 изданий (причем в первом было 14 страниц, а в двенадцатом — около 2300), он дает четкую систему классификации растительного и животного мира, беря за ее основу вид. Он объединяет близкие виды в роды, роды — в отряды, отряды — в классы. Каждому виду Линней предложил присваивать двойное латинское название, в котором первое слово означает род, а второе вид. Этой бинарной номенклатурой пользуются ученые всего мира и в наши дни. Так, вид *Homo sapiens* (человек разумный) является единственным ныне живущим в роду *Homo* (человек), который относится к отряду приматов класса млекопитающих типа хордовых царства животных. Понятия типа и царства, правда, появились позже.

Графическое представление системы Линнея очень похоже на рисунок генеалогического древа потомков одного общего предка. Это наводило на мысль: не является ли **сходство** близких видов свидетельством их **родства**? Линней ответил на напрашивавшийся вопрос, но ответил отрицательно. По его мнению, видов на Земле столько, сколько когда-то их создал бог. Возможность возникновения новых видов опровергается отсутствием фактов такого возникновения на человеческой памяти и тем, что родители рожают полностью подобное себе потомство. Поэтому: «*Nulla species nova!*» (Новых видов нет!).

*По иронии судьбы, отвергнув идею о возникновении видов и вытекающем отсюда родстве между ними, Линней сам себе открыл дорогу к решению проблемы, не дававшей ему покоя до конца жизни — проблемы разработки **естественной классификации**. Он лучше, чем кто-либо другой, сознавал, что его классификация растений и животных в значительной мере искусственна, ибо основана на поверхностных, внешних признаках (например,*

отсутствие или наличие шерстного покрова у животных и т.п.). Увы, естественных критериев ему не дано было узнать.

Вряд ли Линней мог прийти к иному выводу. Его классификация является проекцией на биологию ньютоновской законченной системы мира, представлений о природе как о часовом механизме, однажды заведенном и с тех пор повторяющем привычный ход событий, в работе и устройстве которого с течением времени не происходит никаких изменений. Существует даже понятие «система мира Ньютона-Линнея». Преодоление этих метафизических представлений произошло уже в XIX–XX веках в результате развития и победы эволюционных представлений в геологии и биологии, которые, среди прочего, не были так скованы совершенством своих теорий, как физика.

8. Развитие эволюционных представлений в естествознании.

8.1. Эволюционные концепции Бюффона и Ламарка

Идея о возможности возникновения и исчезновения видов животных и растений возникает не только при анализе линнеевской классификации. В зачаточном виде она встречается еще у Эмпедокла и Лукреция. Во времена же Линнея главным пропагандистом взглядов об изменчивости живых форм, да и космоса в целом, был его ровесник и оппонент **Жорж Луи Леклерк де Бюффон** (1707 – 1788), блестящий эрудит и просветитель, заразивший многие поколения своими яркими идеями. Главный труд его жизни — 44-томная «Естественная история» — для читателей XVIII века был примерно тем же, что романы Жюль Верна для читателей века XIX. Красочно изданная, увлекательно написанная, полная оригинальных мыслей, книга Бюффона стала достоянием всех культурных людей того времени.

Бюффон считает: вся Вселенная материальна и в силу этого подвижна, изменчива, ибо «материя без движения

никогда не существовала». Сами небеса подвержены изменениям. Когда-то не существовало планеты Земля. Потом, благодаря падению на Солнце какой-то кометы, от Солнца отделились расплавленные куски, ставшие затем планетами и их спутниками.

Кометная гипотеза Бюффона уже во время своего появления была весьма уязвимой. В 1755 г. вышло сочинение *Иммануила Канта* (1724–1804) «Всеобщая естественная история и теория неба», а в 1796 — «Изложение системы мира» Пьера Симона Лапласа, которые в гораздо большей степени опирались на ньютоновскую механику и данные наблюдательной астрономии. Именно в силу своей убедительности гипотеза Канта-Лапласа о формировании Солнечной системы из газопылевого облака приобрела широкую популярность и в течение более чем ста лет владела умами. Однако ее недостатки являлись продолжением ее достоинств. На том уровне строгости, который был достигнут Лапласом, невозможно было обсуждать проблемы эволюции Земли и развития жизни на Земле, а также более широкий вопрос о закономерности восхождения материи ко все более высокоорганизованным и сложно устроенным формам — просто не хватало знаний. Поэтому не слишком обоснованные догадки Бюффона оказались, до построения доказательных теорий геологической и биологической эволюции, полезными и ценными для понимания мира.

Вернемся к «Естественной истории». От расплавленного вещества Земли, пишет Бюффон, сразу отделились водяные пары и другие газы, образовав воздушную оболочку. После этого поверхность Земли остыла, став твердой и образовав при этом горы и впадины. Дальнейшее охлаждение приводит к конденсации водяных паров и образованию океанов. Вода рек, ручейков и дождей начинает изменять первоначальный рельеф Земли. Затем возникают первые живые организмы.

Проблему происхождения жизни Бюффон, в духе витализма, свел к вопросу о качественной разнице между жи-

вым и мертвым. Он считал, что все живое состоит из особых органических молекул, которые противопоставляются молекулам неорганическим, входящим в состав неживой материи. Как только позволяют условия, они объединяются в какой-нибудь простейший организм. Кроме того, они служат пищей для уже существующих растений и животных. Количество жизни на Земле определяется количеством органических молекул и потому неизменно (здесь можно усмотреть намек на сформулированный в нашем веке В.И. Вернадским закон постоянства биомассы на Земле); формы же, в которых жизнь существует, определяются бесчисленными комбинациями этих молекул и потому бесконечно разнообразны. Отсюда следует неизбежность постоянного возникновения новых видов. Сам Бюффон, правда, не рискнул четко и недвусмысленно сформулировать этот вывод, так как слишком мало было подтверждающих его фактов и слишком велик авторитет противника, Карла Линнея. Зато со всей определенностью он заявил, что уж домашние-то животные были созданы человеком из диких форм.

На всю живую природу идея эволюции, сменяемости низших форм высшими, была распространена Ламарком и *Дарвином*, но не знаменитым Чарлзом Дарвином, а его дедом, *Эразмом* (1731–1802). Для Дарвина-старшего сам *факт* эволюции был бесспорен: «Со времени происхождения нашей планеты населяющие ее животные постоянно совершенствовались и совершенствуются по сей день», о чем свидетельствуют данные палеонтологии и сравнительной анатомии. Главный интерес вызывают у него *источники* эволюции и факторы, вызывающие изменчивость живого. Он считает, что первоначальный толчок к эволюции был дан творцом, вложившим в материю стремление к развитию. Что же касается изменчивости, то главными ее причинами, по Э. Дарвину, являются изменения в пище и климате, отклонения в эмбриональном развитии и скрещивание. Появляющиеся в результате действия всех этих

факторов изменения, *в том числе и приобретенные после оплодотворения*, передаются по наследству.

Учение об эволюции, опирающееся на положение о наследовании *приобретенных* признаков, обычно называют *ламаркизмом*, по имени *Жана Батиста Пьера Антуана де Моне шевалье де Ламарка* (1744–1829), который в своем труде «Философия зоологии» (1809) дал широкое захватывающее изложение учения о прогрессе в мире животных и растений. Кстати, именно Ламарк в 1802 году впервые использовал термин «биология» в современном смысле. Теория Ламарка не получила признания, так как не располагала доказательствами наследования приобретенных признаков (их нет и по сей день несмотря на все усилия, приложенные печально известным академиком Лысенко и его последователями). Ошибочность теории Ламарка в этом отношении помешала современникам оценить главное в ней — идею эволюции, а «Философия зоологии» получила известность, главным образом, благодаря уничтожающей критике со стороны такого мэтра биологической науки, каким был *Жорж Леопольд Кювье* (1769–1832).

8.2. Концепция катастрофизма Кювье

Кювье прославился своими исследованиями по сравнительной анатомии. Он систематически проводил сравнение строения и функции одного и того же органа или целой системы органов через все разделы животного царства. Это дало ему возможность глубоко понять взаимосвязь между отдельными органами: «Каждый организм образует единое целое, в котором ни одна из частей не может измениться, чтобы не изменялись другие». Полученные знания Кювье с успехом применил в палеонтологии. Он был способен восстановить цельный облик давно исчезнувшего организма по сохранившимся до наших дней отдельным фрагментам.

Заинтересовавшись историей Земли и земных животных и растений, Кювье потратил многие годы на ее изучение, сделав много ценных открытий. На основании прове-

денной им огромной работы, он пришел к трем бесспорным заключениям:

- 1) Земля на протяжении своей истории изменяла свой облик;
- 2) параллельно с этим изменялось население Земли;
- 3) изменения земной коры происходили и до появления живых существ.

Не менее бесспорной, однако, была для Кювье и невозможность возникновения новых форм жизни. Он доказывал, что современные нам виды не изменились, по крайней мере, со времен фараонов (приводя в качестве примера ибиса, древнеегипетские изображения которого изучил, попав в Египет в составе научного подразделения наполеоновских войск). Вытекающая отсюда оценка возраста Земли, необходимого для существенного изменения земной флоры и фауны, казалась по тем временам невообразимо огромной. Но самым существенным возражением против эволюционной теории Кювье считал видимое отсутствие форм, переходных между современными животными и теми, останки которых он находил при раскопках.

Итогом всей титанической исследовательской работы и теоретических размышлений Кювье стала выдвинутая им **концепция катастрофизма**, согласно которой все известные виды были сотворены одновременно и с тех пор не изменялись. Геологические катастрофы, следы которых в виде разрывов, поднятий и опрокидываний земной коры Кювье видел собственными глазами, приводят к полному вымиранию видов, населяющих ту или иную местность. Впоследствии она обживаетея растениями и животными, приходящими из других областей, что и приводит, согласно Кювье, к кажущейся смене флоры и фауны при раскопках. По имевшимся у него данным Кювье допускал четыре катастрофы в истории Земли.

В дальнейшем, с обнаружением новых ископаемых форм, число предполагаемых катастроф росло, и у одного из последователей Кювье — д'Орбиньи — достигло 26. Поскольку такое

число всемирных катастроф вряд ли способен пережить хотя бы один вид, д'Орбиньи пришлось допустить, что акт творения живых существ повторялся после каждой катастрофы, то есть использовать господу Бога как спасательную команду. В очередной раз в истории науки мысль, недialeктически доведенная до своего логического завершения оказалась явно абсурдной.

8.3. Великие биологические открытия XVIII-XIX веков

Пока шла борьба вокруг эволюционных представлений, больших успехов добилась *химия живого*. Французский естествоиспытатель **Рене Антуан Реомюр** (1683–1757) показал, что пищеварение является чисто химическим процессом растворения пищи в желудочном соке, а не механическим измельчением, как думали раньше. Основатель физиологии растений **Стивен Гейлс** (1677–1761) установил, что в питании растений участвует содержащийся в воздухе углекислый газ. **Джозеф Пристли** (1733–1804) открыл в 1774 г. кислород и обнаружил, что он выделяется в процессе жизнедеятельности растений. Голландец **Ян Ингенхауз** (1733–1799) установил, что поглощение углекислого газа и выделение кислорода растениями происходит только на свету. **Антуан Лоран Лавуазье** (1743–1794) доказал, что именно кислород является тем необходимым как для дыхания, так и для горения агентом, о котором говорил Мэйоу. В начале XIX века **Фридрих Вёлер** (1800–1882) синтезировал из простых веществ, считавшихся неорганическими (не имеющими отношения к живой природе), мочевины — явно органическое вещество, главную (помимо воды) составную часть мочи млекопитающих. Его дело продолжил **Пьер Эжен Марселен Бертло** (1827–1907), синтезировавший в 50-х годах XIX века целый ряд органических соединений — ацетилен, метиловый и этиловый спирты, метан, бензол. Таким образом, было окончательно установлено, что *живое и неживое состоят из одних и тех же элементов, и с этой точки зрения никакой непреодолимой пропасти между ними нет.*

В первой половине XIX в. трудами *Джеймса Прескотта Джоуля* (1818–1889), *Юлиуса Роберта Майера* (1814–1878) и *Германа Фердинанда Гельмгольца* (1821–1894) был сформулирован **закон сохранения энергии**. С момента открытия этого фундаментального закона природы не вызывало сомнений, что **ему в равной степени подчиняются как неживые объекты, так и живые организмы**.

Интересно, что из этой троицы только Джоуль был чистым физиком. Гельмгольц 22 года служил профессором физиологии и только в зрелом возрасте возглавил кафедру физики Берлинского университета. Майер же имел единственную профессию — врач, и именно ему принадлежит приоритет в формулировании закона. Толчком к этому послужило наблюдение, сделанное, когда он был судебным врачом на судне, пlyingшем на Яву (1840–1841). Майер обнаружил, что цвет венозной крови матросов в тропиках значительно светлее, чем в северных широтах. Это привело его к мысли, что существует связь между потреблением кислорода и образованием тепла в организме. Тогда же Майер установил, что количество окисляемых в организме человека продуктов возрастает с увеличением выполняемой им работы. Все это дало ему основание допустить, что теплота и механическая работа взаимосвязаны, а в последующем дать общую формулировку закона сохранения энергии.

Еще одним важным обстоятельством, подготовившим появление первой научной биологической картины мира, явились успехи **эмбриологии**. Российский академик **Каспар Фридрих Вольф** (1733–1794, родился в Германии, приглашен в Россию Екатериной II) на примере развития листа капусты и куриного эмбриона показал, что сложно устроенные органы взрослого организма образуются из неорганизованной, бесструктурной ткани зародыша или так называемой точки роста стебля. Это противоречило представлению о преформации (см. стр. 67), но согласовывалось с введенным еще Гарвеем представлением об **эпигенезе**, согласно которому все живые существа, как бы ни различались они во взрослом состоянии, развиваются из одинако-

вых простых «пузырьков» живой материи. Представления Вольфа были развиты *К. М. Бэр* (1792–1876), который показал, что зародыш любого животного состоит из нескольких (чаще всего — трех) слоев бесструктурной ткани, каждый из которых дает начало различным специализированным органам. Различия между зародышами разных животных начинают проявляться лишь по мере их развития.

8.4. Дебаты о возрасте Земли

Мощный удар по концепции катастрофизма был нанесен выходом в свет в 1830 – 1833 годах трехтомной книги «Основы геологии» *Чарлза Лайеля* (1797–1875). Книга имела большой успех, выдержав 11 прижизненных изданий. Лайель с фактами в руках доказывал, что история Земли представляет собой цепь явлений, совершающихся медленно и постепенно, без особых катаклизмов (*принцип непрерывности*), с той же скоростью и под влиянием тех же геологических факторов, что действуют в настоящее время (*принцип униформизма, или единообразия*). Скорость изменения лика Земли мала, но, накапливаясь в течение огромных промежутков времени, малые изменения приводят к грандиозным преобразованиям. Лайель отверг тот аргумент Кювье против возможности видообразования, который был основан на малой скорости видообразования и молчаливом предположении, что возраст Земли невелик.

Действительно, до середины XVIII века земная история отсчитывалась практически всеми «от сотворения мира», то есть, как уточнил в 1654 году Джон Лайфут, от 9 часов утра 26 октября 4004 года до нашей эры. Впервые эта цифра была поставлена под сомнение Бюффоном, который в своей «Естественной истории» определил возраст Земли в 70–75 тысяч лет. Под давлением церкви он был вынужден публично отказаться от своих мыслей и признать библейское толкование времени. Лишь девять лет спустя Бюффон смог вернуться к обсуждению своей теории развития Земли.

Еще дальше начало геологической эры было отодвинуто **Михаилом Васильевичем Ломоносовым** (1711–1765), который относил эпохи, когда в Сибири жили «слоны» (мамонты) или когда, по преданиям египетских жрецов, дошедшим до нас в изложении Геродота, плоскость эклиптики (плоскость земной орбиты) была перпендикулярна плоскости экватора, на сотни тысяч лет назад. Продолжительность же предшествующих периодов земной истории была тогда неопределима даже приблизительно. «Признаюсь, — писал Ломоносов, — что никакого не нахожу признака, никакого признаку к подобным точностям». Только с появлением труда Лайеля стало ясно, что для формирования всех известных слоев земных пород должны были пройти многие миллионы лет.

Сам Лайель уже в 1832 году осознал, что вместе с изменениями земной поверхности должно было происходить медленное и постепенное вымирание одних и создание других видов. Однако об эволюции здесь речь не шла: видообразование по Лайелю есть лишь результат приспособления к меняющимся географическим условиям, так что если бы они вдруг стали подобными условиям далекого прошлого, то могли бы вновь появиться птеродактили, ихтиозавры и игуанодоны. Таким образом, в концепции английского геолога нет места прогрессу, необратимому совершенствованию организмов. Отсутствует в ней и механизм смены вымирающих видов новыми.

8.5. Дарвинизм

Оформление действительно эволюционной теории связано с работами Чарлза Роберта Дарвина (1809 – 1882) и Альфреда Рассела Уоллеса (1823 – 1913). В 1858 году они опубликовали статьи с изложением своих взглядов в одном номере журнала Линнеевского общества, а в 1859 году выходит знаменитая книга Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора».

Современник Дарвина, немецкий физиолог Дюбуа-Реймон так описывал впечатление, произведенное книгой: «Это был взрыв, какого еще не видывала наука, так долго подготовлявшийся и так внезапно нагрянувший, так неслышно подведенный и так смертоносно разящий. По размерам и значению произведенного разрушения, по тому эху, которое отозвалось в самых отдаленных областях человеческой мысли, это был научный подвиг, не имеющий себе подобного... Теперь всеми сторонами признано, что теория самостоятельности видов, защищаемая Кювье и Агассисом, должна уступить место учению Дарвина».

В своей великой книге Дарвин опровергает главное возражение Кювье против эволюционизма — кажущееся отсутствие переходных форм. Он описывает разновидности вьюрков, населяющих Галапагосские острова, которые явно произошли от одного предка. Различие между ними еще не успело выйти за пределы вида, но каждая из разновидностей уже имела особенности, отвечавшие условиям данного острова. Аналогичные наблюдения были сделаны в отношении насекомых.

Дарвин отказался от ошибочного представления Ламарка о наследовании приобретенных признаков. Он пришел к выводу, что питательной средой эволюционного процесса являются случайные (Дарвин использовал термин «неопределенные»), но наследуемые изменения. Движущей силой эволюции, ее мотором, служит естественный отбор: с большей вероятностью выживают те особи, которые случайно получили по наследству полезный в данных условиях жизни признак.

Появление и всеобщее признание трудов Дарвина и Уоллеса завершило формирование первой научной биологической картины мира — дарвинизма (кстати, так назвал свою книгу, вышедшую в 1889 году, сам Уоллес). В ее основе лежат следующие основные представления.

1) Единство живой и неживой природы. Все живые организмы, в том числе и человек, построены из той же материи, что и неживые предметы и подчиняются законам

физики и химии. Никакой особенной «жизненной силы», которая обуславливала бы непреодолимую пропасть между живым и неживым, не существует.

2) **Качественная специфика живого.** Живые организмы отличаются целесообразностью, гармонией работы внутренних органов и приспособленностью к условиям существования. Причиной целесообразности является естественный отбор, позволяющий выживать только приспособленным.

3) **Эволюционные представления.** Живые организмы, населяющие современную Землю, да и сама Земля, являются результатом длительного развития от самых древних и примитивных форм по пути последовательного усложнения, сопровождавшегося возникновением качественно новых форм. Источник развития заложен в самой природе вещей и не требует для своего объяснения каких-то сверхъестественных, вне- или надприродных сил.

9. Электромагнитная картина мира.

В физике переход к картине развивающегося, эволюционирующего мира задержался до XX века. Одной из причин этого, как ни парадоксально, явился заданный ньютоновской механикой высокий уровень требований к строгости физического описания природных явлений. Точная **физика возникающего** (по выражению И.Р. Пригожина), как стало понятно лишь в последние десятилетия, должна опираться на достижения сильно неравновесной термодинамики, релятивистской космологии, физики высоких энергий и астрофизики, представления о которых в XVIII и XIX веках еще не было и не могло быть. Поэтому возникшая параллельно с дарвиновским учением электромагнитная физическая картина мира оказалась не столь прогрессивным, но все-таки очень важным шагом в интеллектуальном освоении окружающего мира. История ее формирования вкратце такова.

В XVIII веке резко возрос интерес к электрическим и магнитным явлениям. Была открыта электромагнитная природа молнии (Франклин, Ломоносов, Рихман), установлено физиологическое действие электричества (Мушенбрук, Гальвани), решалась проблема защиты компаса от помех, изучалась электризация тел. Было установлено наличие двух типов зарядов, отличие проводников от диэлектриков, открыт закон Кулона для электрических зарядов и элементарных магнитов. В начале XIX века устанавливается связь электрических и магнитных явлений: действие тока на стрелку компаса (Эрстед, 1820), действие магнита на провод с током (Ампер, Фарадей), взаимодействие токов (Ампер), явление электромагнитной индукции (Фарадей).

До поры все открытия трактуются в рамках механической картины мира: электрические и магнитные явления сводятся к механическому движению особых субстанций — электрического и магнитного флюидов, не подвергается сомнению принцип дальнего действия. Однако теории получаются крайне противоречивыми и, главное, — многочисленными. Между тем, поскольку все электрические и магнитные явления взаимосвязаны, было ясно, что для них должен существовать единый закон. На деле же имелось множество частных законов, а попытки построить единую теорию на основе идеи дальнего действия (мгновенного взаимодействия зарядов и токов через пустоту без какого-либо материального посредника) неизменно проваливались. Так, предложенный Вебером закон, из которого законы Кулона, Ампера и Био-Савара-Лапласа вытекали как следствия, как оказалось, должен был приводить к нарушению закона сохранения энергии.

Один лишь *Майкл Фарадей* (1791 – 1867) пытался обратить внимание физиков не на сами заряды и токи, а на то, что происходит в окружающем их пространстве. Он объясняет электризацию проводников, поляризацию диэлектриков, намагничивание вещества как *процессы, которые передаются постепенно, от точки к точке*. А поскольку

передача происходит и через вакуум, то и там должен быть какой-то материальный посредник. Так возникает идея *поля, передающего взаимодействие*. Развил и математически строго оформил эту идею Джеймс Клерк Максвелл (1831 – 1879).

В основе взглядов Фарадея и Максвелла лежало основанное на идеях Декарта представление о *близкодействии*, чуждое ньютоновской механической картине мира. Кроме того, предполагалось существование нового материального объекта — поля, — не подчиняющегося законам механики. Сам Максвелл, правда, пытался истолковать передачу электромагнитного взаимодействия механистически, как распространение возбуждения в особой всепроникающей упругой среде, эфире, но тут оказался как раз тот случай, когда математические уравнения содержат больше, чем предполагал их создатель. Представление об эфире приводило к многочисленным теоретическим трудностям и противоречиям с экспериментами и было отброшено с появлением теории относительности Эйнштейна.

Электродинамика Максвелла позволила понять природу света как электромагнитной волны. Она окончательно, как тогда казалось, закрепила победу волновой теории света над ньютоновской корпускулярной. Она объединила электрические явления с магнитными и оптическими. В конце XIX века *Хендрик Антон Лоренц* (1853 – 1928) создает микроскопическую электродинамику, основанную на идее о том, что макроскопические поля в веществе складываются из микроскопических полей заряженных частиц, из которых построено вещество. Таким образом Лоренц вводит в максвелловскую электродинамику атомистические представления, которые, благодаря успехам химии, к тому времени стали общепризнанными, хоть небезызвестный Эрнст Мах уже в начале XX века любил задавать вопрос о том, видел ли кто-нибудь атом своими глазами?

Успехи в объяснении известных явлений и предсказании новых привели к тому, что к концу XIX века электро-

динамика становится ведущей отраслью физического знания. На ее основе *возникает новая научная картина мира — электромагнитная*. Ее основные элементы:

1) *Представления о материи*. Кроме вещества, состоящего из дискретных атомов, материя может существовать в виде поля, непрерывного в пространстве и не имеющего определенных границ.

2) *Представления о движении*. Движение материи понимается уже не только как перемещение частиц, но и как изменение электромагнитного поля (электромагнитные волны). Постепенно утверждается мысль о многообразии форм движения материи и их качественных различиях.

3) *Представления о пространстве и времени*. Вплоть до начала XX века, когда появилась теория относительности, сохраняются ньютоновские представления. Эквивалентом Абсолютного пространства служит неподвижный эфир, в котором распространяются электромагнитные волны.

4) *Представления о взаимодействии*. Передача взаимодействия от одной точки пространства к другой осуществляется полем с конечной скоростью (концепция близкодействия). Изменение состояния одного из взаимодействующих тел вызывает возмущение создаваемого им поля, которое (изменение), распространяясь со скоростью света, достигает второго тела, и лишь тогда его состояние начинает меняться. Существуют два типа взаимодействия — гравитационное и электромагнитное, и нет особых причин считать этот перечень исчерпывающим.

5) *Представления о причинности и закономерности*. Законы электромагнетизма, подобно законам механики, однозначно выводят последующие состояния системы из начального. Поэтому причинность по-прежнему понимается как жесткая предопределенность следствия его причиной. Несмотря на то, что Максвеллом, Больцманом и Гиббсом уже заложены основы статистической физики, применение в физике вероятностных методов считается

непринципиальным, связанным с чисто технической трудностью учета движения каждого отдельного атома в макроскопическом теле.

В XX веке большинство представлений электромагнитной картины мира претерпели коренные изменения. Открытия революционного значения, которые были сделаны во всех без исключения естественных науках, легли в основу современной научной картины мира, обсуждение которой выходит за рамки этой книги.

Литература

Эволюции естественнонаучной картины мира с древнейших времен посвящены замечательные книги П.П. Гайденко и Б.Г. Кузнецова:

1. Кузнецов Б.Г. *Эволюция картины мира*. – М.: Изд. АН СССР, 1961.
2. Кузнецов Б.Г. *История философии для физиков и математиков*. – М.: Наука, 1974.
3. Гайденко П.П. *Эволюция понятия науки: становление и развитие первых научных программ*. – М.: Наука, 1980.
4. Гайденко П.П. *Эволюция понятия науки: формирование научных программ Нового времени*. – М.: Наука, 1987.

Труд, уникальный по охвату материала, глубине анализа, полноте использованных первоисточников и художественным достоинствам, создан В.В. Лункевичем — представителем еще дореволюционного поколения российской интеллигенции. Хотя акцент в нем делается на развитии биологических представлений, они преподносятся в столь широком контексте, что книгу можно рассматривать как энциклопедию по истории идейной основы естествознания в целом:

5. Лункевич В.В. *От Гераклита до Дарвина: очерки по истории биологии*. – М.: Гос. уч.-пед. изд-во Минпроса РСФСР, 1960. Тт. 1, 2.

Перу Б.Г. Кузнецова принадлежит целый ряд книг, посвященных естественнонаучным взглядам отдельных эпох и мыслителей, например:

6. Кузнецов Б.Г. *Идеи и образы Возрождения*. – М.: Наука, 1979.
7. Кузнецов Б.Г. *Творческий путь Ломоносова*. – М.: Гостехиздат, 1956.
8. Кузнецов Б.Г. *Галилей*. – М.: Наука, 1964.
9. Кузнецов Б.Г. *Этюды об Эйнштейне*. – М.: Наука, 1965.

В этой небольшой изящной книге можно найти обсуж-

дение соотношения поэзии и науки на примере Эпикура и Лукреция, Галилея и Ариосто, Эйнштейна и Достоевского, а также анализ противоречий непрерывности, обнаруженных древними греками и многого другого, что обсуждалось или упоминалось в данном учебном пособии.

По античному периоду можно рекомендовать следующее дополнительное чтение:

10. Куманецкий К. *История культуры Древней Греции и Древнего Рима*. – М.: Высшая школа, 1990.
11. Рожанский И.Д. *Античная наука*. – М.: Наука, 1980.
12. Рожанский И.Д. *Ранняя греческая философия // Фрагменты ранних греческих философов. Часть 1*. – М.: Наука, 1989. с.5 – 32.
13. Чанышев А.Н. *Курс лекций по древней философии*. – М.: Высшая школа, 1981.
14. Чанышев А.Н. *Курс лекций по древней и средневековой философии*. – М.: Высшая школа, 1991.
15. Чанышев А.Н. *Аристотель*. – М.: Мысль, 1987.
16. Лурье С.Я. *Очерки по истории античной науки: Греция эпохи расцвета*. – М.: Изд. АН СССР, 1947.
17. Жмудь Л.Я. *Пифагор и его школа*. – Л.: Наука, 1990.
18. Лукреций. *О природе вещей*. – М.: Изд. АН СССР, 1945. Тт. 1,2. В первом томе - текст поэмы, во втором - комментарии и отрывки из Эпикура и Эмпедокла. В 1983 году вышло новое издание.

Основная часть цитат из первоисточников приводится по изданиям

19. *Фрагменты ранних греческих философов*. – М.: Наука, 1989.
20. Голин Г.М., Филонович С.Р. *Классики физической науки: Справочное пособие*. – М.: Высшая школа, 1989.

Существует целый ряд хороших курсов истории физики (двухтомники Спасского, Дорфмана, Кудрявцева, книга Льюиса), отличающихся капитальностью и полнотой. Для учебных целей лучше всего подходит

21. Кудрявцев П.С. *Курс истории физики*. – М.: Просвещение, 1982. Курс хорошо иллюстрирован, имеет разумный объем и уделяет большое внимание философско-методологическим вопросам естествознания. Его текст доступен в интернете по ссылке (индексная страница): <http://nplit.ru/books/item/f00/s00/z0000004/index.shtml>

Труднее найти учебное пособие по всемирной истории биологии. Кроме фундаментального, но малотиражного труда Лункевича, автору известны две книги:

22. Азимов А. *Краткая история биологии*. – М.: Мир, 1967. Будучи скорее популярной, чем учебной, может использоваться для ознакомления с вопросом; кроме того, содержит краткую библиографию по отдельным вопросам истории биологии.

23. *История биологии с древнейших времен до начала XX века* / Под ред. С.Р. Микулинского – М.: Наука, 1972.

По истории геологии, астрономии и химии можно рекомендовать:

24. Гордеев Д.И. *История геологических наук. Часть I*. – М.: Изд. МГУ, 1967.

25. Еремеева А.И. *Астрономическая картина мира и ее творцы*. – М.: Наука, 1984.

26. Лейзер Д. *Создавая картину Вселенной*. – М.: Мир, 1988.

27. Азимов А. *Краткая история химии*. – М.: Мир, 1983.

28. Соловьев Ю.И. *История химии: развитие химии с древнейших времен до конца XIX века*. – М.: Просвещение, 1983.

29. Кузнецов В.И. *Эволюция представлений об основных законах химии*. – М.: Наука, 1967.

Заключительная часть списка отражает вклад отдельных мыслителей или освещает отдельные эпизоды эволюции научной картины мира.

30. Леонардо да Винчи. *Избранные естественнонаучные произведения*. – М.: Изд. АН СССР, 1955.

31. Николай Коперник. *Сб. статей*. – М.: Знание, 1973.

32. Николай Коперник. Сб. статей к четырехсотлетию со дня смерти. – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1947. Дан перевод первых десяти глав «Об обращениях небесных сфер».
33. Матвиевская Г.П. Рене Декарт. – М.: Просвещение, 1987.
34. Блэкуэлл Дж. Законы движения Декарта // Физика на рубеже XVII–XVIII веков. – М.: Наука, 1974.
35. Декарт Р. Избранные произведения. – М.: Госполитиздат, 1950.
36. Шмутцер Э., Шютц В. Галилео Галилей. – М.: Мир, 1987.
37. Вавилов С.И. Исаак Ньютон. – М.: Наука, 1989.
38. Арнольд В.И. Гюйгенс и Барроу, Ньютон и Гук. – М.: Наука, 1989.
39. Воронцов-Вельяминов А.С. Лаплас. – М.: Наука, 1985.
40. Лаплас П.С. Изложение системы мира. – Л.: Наука, 1982.
41. Пузанов И.И. Жан Батист Ламарк. – М.: Изд. Минпрора РСФСР, 1959.
42. Филипченко Ю.А. Эволюционная идея в биологии. – М.: Наука, 1977.
43. Бадаш Л. Долгие дебаты о возрасте Земли // В Мире науки, 1989, №10, с.70 – 76.
44. Равикович А.И. Чарлз Лайель. – М.: Наука, 1976.
45. Дарвин Ч. Происхождение видов. – М.: Наука, 1987.
46. Карцев Вл. Приключения великих уравнений. – М.: Знание, 1971.
47. Кудрявцев П.С. Максвелл. – М.: Просвещение, 1976.
48. Физика XIX–XX вв. в общенаучном и социокультурном контекстах: Физика XIX века / В.П. Визгин и др. – М.: Наука, 1995.
49. Гумилев Л.Н. География этноса в исторический период. – Л.: Наука, 1990.

Приложение

Материалы для конструирования программ по интегрированным естественнонаучным дисциплинам

Пояснительная записка

Материалы предназначены для разработчика дисциплин «Естественнонаучная картина мира» «Концепции современного естествознания» и других интегрированных естественнонаучных или историко-научных курсов для образовательных программ высшего образования различных направлений — исторического, педагогического, лингвистического, экономического, технического, и так далее, вплоть до физико-математического и естественнонаучного направлений.

Материалы имеют модульную организацию. Каждый модуль может рассматриваться как проект рабочей программы мини-курса, посвященного одной из тем, обязательных или желательных именно в интегрированной естественнонаучной дисциплине. Он включает в себя описание содержательного наполнения темы, для удобства пользователя разбитого на смысловые единицы — лекции (ЛК), идеи возможных тем семинарских занятий (С) и подборку литературных источников (ЛТ), в которых содержание модуля раскрывается более подробно. Хотелось бы обратить внимание пользователя, что ЛК служат не столько неделимыми квантами материала, сколько указателями его объема, взятого по максимуму.

Создание рабочей программы конкретного курса может происходить путем сборки программных модулей, раскрывающих требуемое содержание курса, подгонку их объема и логики следования, коррекцию и модернизацию содержания. Там, где это возможно, внутримодульная последовательность изложения материала выстроена историче-

ски, что позволяет точнее обозначить его общекультурную ценность, а также повысить доступность материала для гуманитарно-ориентированной аудитории.

Таким образом, приводимые ниже модули можно рассматривать как элементы своеобразного конструктора Lego, позволяющего из типовых элементов собирать весьма разнообразные устройства, дома и т.д. При разработке настоящего конструктора автор исходил из следующих соображений.

I. Основная цель проектируемого курса — ознакомить слушателей с элементами естественнонаучной картины мира. В конечном счете это должно способствовать интеграции естественнонаучного и гуманитарно-художественного знания в рамках единой общечеловеческой культуры. Представления о естествознании как части культуры и о необходимости реинтеграции культуры лежат в основе многих решений по реформе высшего и среднего образования, но не слишком четко артикулируются. Поэтому целесообразно ознакомить с ними слушателей для мотивационной подготовки основного материала.

II. Проектируемый курс имеет интегративный характер. Следовательно, он должен включать материал междисциплинарного содержания, не ограничиваясь вопросами, пусть и очень важными, только физики или, скажем, только биологии.

III. Проектируемый курс имеет концептуальный характер. Следовательно, он должен не ограничиваться сводкой частных фактов и закономерностей из различных естественных наук, а знакомить с их образно-философским общением, в виде которого естественнонаучные знания присутствуют в общечеловеческой культуре. Для этого необходимо большое внимание уделять истории и методологии науки.

IV. Проектируемый курс, как правило, является нетрадиционным, его канон пока не сложился. Ориентация и уровень подготовки слушателей, так же как возможности и

предпочтения преподавателей, могут быть весьма различными. Поэтому следует предусмотреть возможность различных вариантов курса, различающихся объемом, расстановкой акцентов, а также соотношением лекционных и семинарских занятий. При этом должна сохраняться инвариантная основа курса.

V. Инвариантной основой курса должны служить важнейшие для современного естествознания междисциплинарные концепции, взятые в некоторой логической последовательности. В качестве таковых в настоящей программе предлагается рассматривать следующие пять:

1. Рационально-критическое познание окружающего мира (научный метод).
2. Математика — язык науки и зеркало природы.
3. Движение в природе: количественная неизменность и качественные изменения.
4. Стохастичность природы и ее законов.
5. Универсальность эволюции.

Кроме того, в соответствии с п. I, необходимым компонентом курса является обсуждение места естествознания в общечеловеческой культуре.

VI. Инвариантная основа курса может расширяться и настраиваться на конкретные условия его проведения. Это достигается за счет изложения концепций, не имеющих ранга важнейших, но тем не менее играющих важную роль в современной научной картине мира, а также за счет включения обзоров частных естественнонаучных картин мира.

Примерный перечень таких концепций и обзоров:

1. Дуализм дискретного и непрерывного.
2. Симметрия природы и ее законов.
3. Современная физическая картина мира.
4. Современная биологическая картина мира.
5. Информационная картина мира.

Этот перечень, безусловно, может быть дополнен.

Модуль 0.1. Естествознание и культура.

- ЛК 0.1.1. Естествознание как составная часть культуры. Проблема «двух культур». Особенности методов познания мира в естественнонаучной и гуманитарно-художественной практике. Взаимная дополнительность естественнонаучного и социогуманитарного знания и социальные последствия их недиалектического противопоставления.
- ЛК 0.1.2. Проблема реинтеграции культуры. Особенности современного этапа развития цивилизации и планетарное мышление. Сближение методов естественнонаучного и гуманитарного познания. Путь к реинтеграции культуры — гуманитаризация образования. Содержание понятия «гуманитаризация» и его искажения.
- ЛК 0.1.3. Естественнонаучная картина мира. Понятие научной (=естественнонаучной) картины мира. Частные научные картины мира и их соотношение между собой. Основные отличия от ненаучных и вненаучных картин мира: идея естественной обусловленности и естественного порядка в природе; традиция рациональной критики.
- ЛК 0.1.4. Псевдонаука, ее разновидности, истоки и социальные функции. Характерные признаки и проблема ценности псевдонауки.

Возможные темы семинаров

- С 0.1.1. Игра-диспут «Физики и лирики».
- С 0.1.2. Кванты и музы. Семинар посвящается творчеству универсально одаренных личностей (например, Эмпедокла, Лукреция, Леонардо да Винчи, Ломоносова; из современников можно назвать М. Эшера и А. Фоменко) или художественным произведениям, отражающим процесс или результаты познания.
- С 0.1.3. «Наш ответ Чемберлену». Семинар посвящается анализу критики научного метода и научной картины мира со стороны религиозных деятелей, представите-

лей псевдонауки и самих ученых (см., например, ЛТ 0.1.18 – 20).

Литература к модулю 0.1.

- ЛТ 0.1.1. *Наука // БСЭ, 3-е изд., т.17. – М., 1974.*
- ЛТ 0.1.2. *Естественнонаучное и социогуманитарное знание: методологические аспекты взаимодействия. – Л., 1990.*
- ЛТ 0.1.3. *Гачев Г. Книга удивлений, или Естествознание глазами гуманитария. – М., 1991.*
- ЛТ 0.1.4. *Гачев Г. Наука и национальные культуры. – Ростов-на-Дону, 1992.*
- ЛТ 0.1.5. *Филатов В.П. Научное познание и мир человека. – М., 1989.*
- ЛТ 0.1.6. *Сноу Ч.П. Две культуры и научная революция // Сноу Ч.П. Портреты и размышления. – М., 1985.*
- ЛТ 0.1.7. *Через гуманизацию и демократизацию к новому качеству образования // Известия, 1988, 21 декабря.*
- ЛТ 0.1.8. *Меморандум международного симпозиума ЮНЕСКО «Фундаментальное (естественнонаучное и гуманитарное) образование» // Высшее образование в России, 1994, №4, с.4 – 6.*
- ЛТ 0.1.9. *Буданов В.Г. Концепция естественнонаучного образования гуманитариев: эволюционно-синергетический подход // Там же, с. 16 – 21.*
- ЛТ 0.1.10. *Кинелев В.Г. Фундаментализация университетского образования // Там же, с.6 – 13.*
- ЛТ 0.1.11. *Тарасов Л.В. Гуманитаризация как одно из основных направлений перестройки преподавания физики в школе // Физика в школе, 1988, №2.*
- ЛТ 0.1.12. *Тарасов Л.В. Современная физика в средней школе. – М., 1990.*
- ЛТ 0.1.13. *Научная картина мира // Философский энциклопедический словарь. – М., 1983.*
- ЛТ 0.1.14. *Мигдал А.Б. Поиски истины. – М., 1983.*

- ЛТ 0.1.15. Сухотин А.К. Парадоксы науки. – М.: Молодая гвардия, 1980.
- ЛТ 0.1.16. Сухотин А.К. Превратности научных идей. – М.: Молодая гвардия, 1991.
- ЛТ 0.1.17. Капица С.П. Антинаучные тенденции в Советском Союзе // В мире науки, 1991, №10.
- ЛТ 0.1.18. Тарасов Л.М. Чудо в зеркале разума. – Л., 1989.
- ЛТ 0.1.19. Сурдин В.Г. Астрология и общество // Природа, 1994, №5
- ЛТ 0.1.20. Глазман Л.С. Научное и художественное мышление. – М., 1983.
- ЛТ 0.1.21. Глазычев В.Л. Гемма Коперника. Мир науки в изобразительном искусстве. – М., 1989.
- ЛТ 0.1.22. Фоменко А.Т. Наглядная геометрия и топология. Математические образы в реальном мире. – М., 1992.
- ЛТ 0.1.23. Стоун И. Происхождение. Роман-биография Ч. Дарвина. – М., 1990.
- ЛТ 0.1.24. Бондаренко Б. Пирамида. – М., 1989.
- ЛТ 0.1.25. Моррис Г. Библейские основания современной науки. – Библия для всех: СПб, 1995.
- ЛТ 0.1.26. Бхактиведанта Свами Прабхупада А.Ч. Легкое путешествие к другим планетам. – М., 1989.
- ЛТ 0.1.27. Величко Ф. Очерки натуральной астрологии // Супруненко Ю.П. Человек осваивает горы. – М., 1991.
- ЛТ 0.1.28. Тростников В. Научна ли «научная картина мира»? // Новый мир, 1989, №12.

Модуль 1.1. Эволюция научного метода.

- ЛК 1.1.1. Начало науки. Постановка вопросов бытия в древнейших культурах Востока (Персия, Индия, Китай). Ионийцы: что есть все? Пифагор: все есть число!
- ЛК 1.1.2. Испытание чистой логикой. Парменид: теоремы о бытии. Апории Зенона. Идеальный мир Платона.

- ЛК 1.1.3. «Платон мне друг, но...». Аристотель, его личность, труды и их значение. Достижения эллинистической эпохи.
- ЛК 1.1.4. Зарождение научного метода. Блаженный Августин и схоласты. Роджер Бэкон, Леонардо, Френсис Бэкон, Галилей и Гарвей.
- ЛК 1.1.5. Современное понимание научного метода. Понятие о системном подходе. Организация науки и наукометрия.

Возможные темы семинаров

- С 1.1.1. Могущество и ограниченность логики (Аристотель, Евклид, схоласты, Декарт).
- С 1.1.2. Этапы развития экспериментального метода (Архимед, Гален, алхимики, Галилей, Гарвей).
- С 1.1.3. Непозитивизм: как вам это нравится?
- С 1.1.4. Ошибочна ли ньютоновская механика? (Принцип соответствия в методологии науки).
- С 1.1.5. Принцип дополнительности.

Литература к модулю 1.1.

- ЛТ 1.1.1. *Наука // БСЭ, 3-е изд., т.17. – М., 1974.*
- ЛТ 1.1.2. *Методология // БСЭ, 3-е изд., т.16. – М., 1974.*
- ЛТ 1.1.3. *Кузнецов Б.Г. Эволюция картины мира. – М., 1961.*
- ЛТ 1.1.4. *Чанышев А.Н. Курс лекций по древней философии. – М., 1981*
- ЛТ 1.1.5. *Чанышев А.Н. Курс лекций по древней и средневековой философии. – М., 1991.*
- ЛТ 1.1.6. *Гайденок П.П. Эволюция понятия науки: становление и развитие первых научных программ. – М., 1980.*
- ЛТ 1.1.7. *Гайденок П.П. Эволюция понятия науки: формирование научных программ Нового времени. – М., 1987.*
- ЛТ 1.1.8. *Лункевич В.В. От Гераклита до Дарвина: очерки по истории биологии, тт. 1 и 2. – М., 1960.*
- ЛТ 1.1.9. *Штофф В.А. Введение в методологию научного познания. – Л., 1972.*
- ЛТ 1.1.10. *Сухотин А.К. Парадоксы науки. – М., 1980.*

ЛТ 1.1.11. Сачков Ю.В. *Принципы методологии современного естествознания*. – М., 1979.

ЛТ 1.1.12. Аверьянов А.Н. *Системное познание мира*. – М., 1985.

ЛТ 1.1.13. Блауберг И.В., Юдин Э.Г. *Становление и сущность системного подхода*. – М., 1973.

ЛТ 1.1.14. *Коммуникация в современной науке*. – М., 1976.

ЛТ 1.1.15. Налимов В.В., Мульченко З.М. *Наукометрия*. – М., 1969.

Модуль 1.2. Математика — язык науки.

ЛК 1.2.1. Математика в древних восточных культурах (Китай, Вавилон, Египет). Появление идеи общего доказательства (Фалес). Пифагор: постановка вопроса об отношении математики и мира.

ЛК 1.2.2. «Начала» Евклида как образец формально-аксиоматической системы. Математическая логика: развитие в поисках идеала. Первый звонок: неевклидовы геометрии. Теорема Гёделя и ограниченность дедуктивно-аксиоматического метода.

ЛК 1.2.3. Возникновение математического анализа: нелогичная математика, необоснованные достижения. В погоне за строгостью: трудности в основаниях математики. Парадоксы теории множеств.

ЛК 1.2.4. Математика — язык естествознания. Мощь математических методов в естествознании и гуманитарных науках. Проблема непостижимой эффективности математики.

ЛК 1.2.5. Возникновение нового знания: роль интуиции.

ЛК 1.2.6. Вычислительные машины и человеческая культура.

Возможные темы семинаров

С 1.2.1. «В науке столько науки, сколько в ней математики».

С 1.2.2. Математические методы в вашей отрасли знания.

С 1.2.3. Является ли математика естественной наукой?

- С 1.2.4. Влияние компьютеров на методологию математики и естественных наук.
- С 1.2.5. Сравнительный анализ структуры и эволюции языков программирования и естественного языка.
- С 1.2.6. Может ли машина мыслить?

Литература к модулю 1.2.

- ЛТ 1.2.1. Клайн М. *Математика. Утрата определенности.* – М., 1984.
- ЛТ 1.2.2. Клайн М. *Математика. Поиск истины.* – М., 1988.
- ЛТ 1.2.3. *Математика в современном мире.* – М., 1964.
- ЛТ 1.2.4. Вигнер Е. *Непостижимая эффективность математики в естественных науках // Вигнер Е. Этюды о симметрии.* – М., 1971.
- ЛТ 1.2.5. Дайсон Ф.Дж. *Упущенные возможности // Успехи математических наук, 1980, т.35, №1.*
- ЛТ 1.2.6. Тарский А. *Введение в логику и методологию дедуктивных наук.* – М., 1948.
- ЛТ 1.2.7. Фейнман Р. *Характер физических законов.* – М., 1968.
- ЛТ 1.2.8. Манин Ю.И. *Математика и физика.* – М., 1979.
- ЛТ 1.2.9. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. *Что такое математическая биофизика.* – М., 1971.
- ЛТ 1.2.10. Фомин С.В., Беркинблит М.В. *Математические проблемы в биологии.* – М., 1973.
- ЛТ 1.2.11. Никлас К.Дж. *Компьютер моделирует эволюцию растений // В мире науки, 1986, №5.*
- ЛТ 1.2.12. Моисеев Н.Н. *Математика ставит эксперимент.* – М., 1979.
- ЛТ 1.2.13. Попов Ю.П., Самарский А.А. *Вычислительный эксперимент.* – М., 1983.
- ЛТ 1.2.14. *Моделирование экономики по законам физики // В мире науки, 1989, №2.*
- ЛТ 1.2.15. *Неординарный подход // В мире науки, 1989, №2.*

- ЛТ 1.2.16. Ковальченко И.Д., Бородкин Л.И. «Машина времени» или метод познания? // *Гипотезы. Прогнозы. Вып. 24.* – М., 1991.
- ЛТ 1.2.17. Кармин А.С., Хайкин Е.П. *Творческая интуиция в науке.* – М., 1971.
- ЛТ 1.2.18. Мигдал А.Б. *Поиски истины.* – М., 1983.
- ЛТ 1.2.19. Селье Г. *От мечты к открытию.* – М., 1987.
- ЛТ 1.2.20. *Язык компьютера.* – М., 1989.
- ЛТ 1.2.21. *Компьютер обретает разум.* – М., 1990.
- ЛТ 1.2.22. Тьюринг А. *Может ли машина мыслить?* – М., 1960.
- ЛТ 1.2.23. Дрейфус А. *Чего не могут вычислительные машины.* – М., 1978.
- ЛТ 1.2.24. Вейценбаум Дж. *Возможности вычислительных машин и человеческий разум.* – М., 1982.
- ЛТ 1.2.25. Бирюков Б.В., Гутчин И.Б. *Машина и творчество.* – М., 1982
- ЛТ 1.2.26. Сирл Д. *Разум мозга — компьютерная программа?* // *В мире науки*, 1990, №3.
- ЛТ 1.2.27. Черчленд П.М., Черчленд П.С. *Может ли машина мыслить?* // *Там же.*
- ЛТ 1.2.28. Веденов А.А. *Моделирование элементов мышления.* – М., 1988

Модуль 1.3. Законы движения.

- ЛК 1.3.1. Гераклит: все возникает в силу противоположности, и все течет подобно реке. Неподвижное бытие Парменида. Механическая концепция движения стихий Эмпедокла. Каверзные вопросы Зенона.
- ЛК 1.3.2. Представления Аристотеля о движении, пространстве и времени. Эпикур и Лукреций: мир - движущиеся атомы.
- ЛК 1.3.3. Уточнение законов механического движения: Галилей. Механический мир Декарта и Ньютона. Механицизм в биологии.

- ЛК 1.3.4. Расширение понятия движения: концепция обмена веществ Леонардо да Винчи, успехи химии. Энергия: количественная мера движения. Открытие закона сохранения энергии и его значение.
- ЛК 1.3.5. Иерархия форм движения материи. Энтропия: мера качества энергии. Второй закон термодинамики и его значение. Энтропия и информация.
- ЛК 1.3.6. Парадоксы второго закона. Проблема «тепловой смерти Вселенной». Второй закон термодинамики и феномены эволюции и цивилизации.
- ЛК 1.3.7. Живые организмы, их сообщества, геосфера в целом: энергетический и энтропийный баланс. Глобальная экология и перспективы земной цивилизации.

Возможные темы семинаров

- С 1.3.1. Как возразить Зенону?
- С 1.3.2. Современное понимание проблемы тепловой смерти Вселенной.
- С 1.3.3. Парадоксы необратимости.
- С 1.3.4. Энтропийный анализ текстов и изображений.
- С 1.3.5. Экономика, энергетика и термодинамика.
- С 1.3.6. Учение Т. Мальтуса и его современная оценка.
- С 1.3.7. Информатизация общества с точки зрения термодинамики.

Литература к модулю 1.3.

- ЛТ 1.3.1. Кузнецов Б.Г. *Эволюция картины мира.* – М., 1961.
- ЛТ 1.3.2. Гайденко П.П. *Эволюция понятия науки: становление и развитие первых научных программ.* – М., 1980.
- ЛТ 1.3.3. Гайденко П.П. *Эволюция понятия науки: формирование научных программ Нового времени.* – М., 1987.
- ЛТ 1.3.4. Лункевич В.В. *От Гераклита до Дарвина: очерки по истории биологии, тт. 1 и 2.* – М., 1960.
- ЛТ 1.3.5. Шалютин С.М. *Высшие и низшие формы движения.* – М., 1967.

- ЛТ 1.3.6. Бутаков А.А. Основные формы движения материи и их взаимосвязь в свете современной науки. – М., 1974.
- ЛТ 1.3.7. Л. Бриллюэн. Наука и теория информации. – М., 1960.
- ЛТ 1.3.8. Алексеев Г.Н. Энергия и энтропия. – М., 1978.
- ЛТ 1.3.9. Седов Е. Одна формула и весь мир. Книга об энтропии. – М., 1982.
- ЛТ 1.3.10. Смирнов В.Г. Под знаком необратимости. – М., 1977.
- ЛТ 1.3.11. Реймерс Н.Ф. Среди закономерностей и ограничений // Биология и современность. – М., 1990.
- ЛТ 1.3.12. Межжерин В.А. Энергетика особи, популяции и эволюционного процесса.
- ЛТ 1.3.13. Волькенштейн М.В. Физика и биология. – М., 1980.
- ЛТ 1.3.14. Волькенштейн М.В. Энтропия и информация – М., 1986.
- ЛТ 1.3.15. Назаретян А.П. Интеллект во Вселенной. Очерки междисциплинарной теории прогресса. – М., 1991.
- ЛТ 1.3.16. Моль А. Теория информации и эстетическое восприятие. – М., 1966.
- ЛТ 1.3.17. Вильсон А.Дж. Энтропийные принципы моделирования сложных систем. – М., 1978.
- ЛТ 1.3.18. Алексеев Г.Н. Энергоэнтропика, кибернетика и ноосфера. // Кибернетика и ноосфера. – М., 1986.
- ЛТ 1.3.19. Большаков Б.Е. Некоторые из проблем создания нооэлектронных систем // Там же.
- ЛТ 1.3.20. Гиренок Ф.И. Экология. Цивилизация. Ноосфера. – М., 1987
- ЛТ 1.3.21. Кузнецов П.Г. Возможности энергетического анализа организации общественного производства//Эффективность научно-технического творчества. – М., 1968.
- ЛТ 1.3.22. Ребане К.К. Энергия, энтропия, среда обитания. – М., 1985.

ЛТ 1.3.23. Алексеев В.В. *Экология и экономика энергетики* – М., 1990

Модуль 1.4. Закономерность случайности.

- ЛК 1.4.1. Античные представления о случайности и необходимости. *Clinamen* Эпикура-Луcretия и проблема свободы воли. Проблема случайного у средневековых христианских мыслителей.
- ЛК 1.4.2. Ньютонская механика: образец динамических законов. Механический детерминизм и его проблемы.
- ЛК 1.4.3. Возникновение статистических методов. Основные понятия теории вероятностей. Работы Максвелла, Клаузиуса и Больцмана по молекулярной статистике, их мировоззренческое значение.
- ЛК 1.4.4. Вероятностный мир квантовой механики. Дискуссия Эйнштейна и Бора. Проблема скрытых параметров и неравенства Белла (ознакомительно).
- ЛК 1.4.5. Фейнмановская формулировка квантовой механики. Хаотическое поведение простых динамических систем. Ведущая роль статистических законов в современном естествознании.
- ЛК 1.4.6. Порядок из хаоса. Синергетика: примеры самоорганизации. Необходимость шума: мутагенез, индуцированные шумом переходы.

Возможные темы семинаров

- С 1.4.1. Судьба и наследие Людвиг Больцмана.
- С 1.4.2. Соотношение между динамическими и статистическими закономерностями для различных форм движения.
- С 1.4.3. Сравнительный анализ социально-экономических революций и точек бифуркации неравновесных физико-химических систем.

Литература к модулю 1.4.

ЛТ 1.4.1. Кузнецов Б.Г. *Эволюция картины мира.* – М., 1961.

- ЛТ 1.4.2. Чанышев А.Н. Курс лекций по древней философии. – М., 1981
- ЛТ 1.4.3. Чанышев А.Н. Курс лекций по древней и средневековой философии. – М., 1991.
- ЛТ 1.4.4. Тарасов Л.В. Современная физика в средней школе. – М., 1990.
- ЛТ 1.4.5. Растригин Л.А. Этот случайный, случайный, случайный мир. – М., 1974.
- ЛТ 1.4.6. Тарасов Л.В. Мир, построенный на вероятности. – М., 1984
- ЛТ 1.4.7. Гельфер М.Я. История и методология термодинамики и статистической физики. – М., 1969.
- ЛТ 1.4.8. Блохинцев Д.И. Принципиальные вопросы квантовой механики – М., 1966.
- ЛТ 1.4.9. Джеммер М. Эволюция понятий квантовой механики. – М., 1985.
- ЛТ 1.4.10. Мигдал А.Б. Квантовая физика для больших и маленьких. – М., 1989.
- ЛТ 1.4.11. Вигнер Е. О скрытых параметрах и квантовомеханических вероятностях // Вигнер Е. Этюды о симметрии. – М., 1971.
- ЛТ 1.4.12. Шимони А. Реальность квантового мира // В мире науки, 1988, №3.
- ЛТ 1.4.13. Фейнман Р. КЭД — странная теория света и вещества. – М., 1988.
- ЛТ 1.4.14. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. – М., 1986.
- ЛТ 1.4.15. Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Введение в синергетику. – М., 1990.
- ЛТ 1.4.16. Хакен Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. – М., 1985.
- ЛТ 1.4.17. Кратчфилд Д.П. и др. Хаос//В мире науки, 1987, №2.
- ЛТ 1.4.18. Мякишев Г.Я. От динамики к статистике. – М., 1983.

- ЛТ 1.4.19. Купцов В.И. Детерминизм и вероятность. – М., 1976.
- ЛТ 1.4.20. Воронцов Н.Н., Сухорукова Л.Н. Эволюция органического мира. – М., 1991.
- ЛТ 1.4.21. Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. Краткий очерк теории эволюции. – М., 1977.
- ЛТ 1.4.22. Шредингер Э. Что такое жизнь? С точки зрения физика. – М., 1972.
- ЛТ 1.4.23. Кауфман С.А. Антихаос и приспособление // В мире науки, 1991, №10.
- ЛТ 1.4.24. Хорстхемке В., Лефевр Р. Индуцированные шумом переходы. — М., 1987.

Модуль 1.5. Универсальность эволюции.

- ЛК 1.5.1. Понятие эволюции как естественного прогресса. «Естественный отбор» по Эмпедоклу. Аристотель: «лестница существ». Отсутствие целостной идеи прогресса в культурах античности, средневековья и Возрождения.
- ЛК 1.5.2. XVIII век: оформление представлений о развитии природы, общества и человеческих знаний. Космогония Декарта. «Естественная история» Бюффона. Небулярная гипотеза Канта-Лапласа.
- ЛК 1.5.3. Ламарк и Кювье, Лайель и Дарвин. Дарвинизм — первая научная биологическая картина мира.
- ЛК 1.5.4. Современные представления об эволюции Вселенной.
- ЛК 1.5.5. Современные космогонические модели и сравнительная планетология.
- ЛК 1.5.6. Эволюционные идеи в геологии. Химическая эволюция и проблема происхождения жизни.
- ЛК 1.5.7. Синтетическая теория биологической эволюции: основные положения. Микро- и макроэволюция.
- ЛК 1.5.8. Краткий очерк эволюции земной биосферы.
- ЛК 1.5.9. Проблемы эволюционной картины мира. Почему второй закон термодинамики не запрещает космологи-

ческую, биологическую и социальную эволюции? Самоорганизация в неравновесных системах и диссипативные структуры.

ЛК 1.5.10. Проблемы эволюционной картины мира. Что считать критерием прогресса? В чем движущие силы эволюции Вселенной? Понятие об универсальном эволюционизме. Перспективы цивилизации.

Возможные темы семинаров

С 1.5.1. Возникновение идеи последовательного прогрессивного развития в европейской культуре.

С 1.5.2. Антропный космологический принцип: за и против.

С 1.5.3. И.С. Шкловский: человечество одиноко во Вселенной...

С 1.5.4. Проблемы современной теории биологической эволюции.

С 1.5.5. Кто заострил «стрелу времени»?

С 1.5.6. Катастрофы и эволюция.

С 1.5.7. Почему динозавры не стали разумными?

С 1.5.8. «Сердце Змеи» И. Ефремова и «Двадцать второе путешествие Ийона Тихого» С. Лема: кто прав?

С 1.5.9. Варианты развития земной цивилизации.

Литература к модулю 1.5.

ЛТ 1.5.1. Кузнецов Б.Г. *Эволюция картины мира.* – М., 1961.

ЛТ 1.5.2. Лункевич В.В. *От Гераклита до Дарвина: очерки по истории биологии, тт. 1, 2.* – М., 1960.

ЛТ 1.5.3. Матвиевская Г.П. *Рене Декарт.* – М., 1987.

ЛТ 1.5.4. Воронцов-Вельяминов А.С. *Лаплас.* – М., 1985.

ЛТ 1.5.5. Пузанов И.И. *Жан Батист Ламарк.* – М., 1959.

ЛТ 1.5.6. Бадаш Л. *Долгие дебаты о возрасте Земли // В мире науки, 1989, №10.*

ЛТ 1.5.7. Равикович А.И. *Чарлз Лайель.* – М., 1976.

ЛТ 1.5.8. Дарвин Ч. *Происхождение видов.* – М., 1987.

ЛТ 1.5.9. Новиков И.Д. *Эволюция Вселенной.* – М., 1990.

ЛТ 1.5.10. Долгов А.Д., Зельдович Я.Б., Сажин М.В. *Космология ранней Вселенной.* – М., 1988.

- ЛТ 1.5.11. Хокинг С. От большого взрыва до черных дыр. Краткая история времени. – М., 1990.
- ЛТ 1.5.12. Левитан Е.П. Эволюционирующая Вселенная. – М., 1993.
- ЛТ 1.5.13. Гут А.Г., Стейнхардт П.Дж. Раздувающаяся Вселенная // В мире науки, 1984, №7.
- ЛТ 1.5.14. Шмидт О.Ю. Четыре лекции о теории происхождения Земли. – М., 1957.
- ЛТ 1.5.15. Уипл Ф.Л. Семья Солнца. – М., 1984.
- ЛТ 1.5.16. Фишер Д. Рождение Земли. – М., 1990.
- ЛТ 1.5.17. Блэк Д.Ч. Миры иных звезд // В мире науки, 1991, №3.
- ЛТ 1.5.18. Кастинг Д.Ф., Тун О.Б., Поллак Д.Б. Как развивался климат на планетах земной группы // В мире науки, 1988, №4.
- ЛТ 1.5.19. Друянов В.А. Загадочная биография Земли. – М., 1989.
- ЛТ 1.5.20. Гаврилов В.П. Загадка геотектоники. – М., 1988.
- ЛТ 1.5.21. Динамичная Земля // В мире науки, 1983, №11.
- ЛТ 1.5.22. Поннамперума С. Происхождение жизни. – М., 1977.
- ЛТ 1.5.23. Хоровиц Н. Поиски жизни в Солнечной системе. – М., 1988.
- ЛТ 1.5.24. Проблема поиска жизни во Вселенной. – М., 1986.
- ЛТ 1.5.25. Кернс-Смит А.Д. Первые организмы // В мире науки, 1985, №8.
- ЛТ 1.5.26. Хорган Д. У истоков жизни // В мире науки, 1991, №4.
- ЛТ 1.5.27. Филипченко Ю.А. Эволюционная идея в биологии. – М., 1977.
- ЛТ 1.5.28. Воронцов Н.Н., Сухорукова Л.Н. Эволюция органического мира. – М., 1991.
- ЛТ 1.5.29. Стеббинс Дж.Л., Айала Ф.Х. Эволюция дарвинизма // В мире науки, 1985, №9.

- ЛТ 1.5.30. Вилсон А.К. Молекулярные основы эволюции // *В мире науки*, 1985, №12.
- ЛТ 1.5.31. Николов Т. Долгий путь жизни. – М., 1986.
- ЛТ 1.5.32. Как вымерли динозавры?//*В мире науки*, 1987, №3.
- ЛТ 1.5.33. Грив Р.А.Ф. Образование ударных кратеров на Земле // *В мире науки*, 1990, №6.
- ЛТ 1.5.34. Владимирский Б.М., Кисловский Л.Д. Космические воздействия и эволюция биосферы. – М., 1986.
- ЛТ 1.5.35. Бабляниц А. Молекулы, динамика, жизнь. – М., 1990.
- ЛТ 1.5.36. Николис Г., Пригожин П. Самоорганизация в неравновесных системах. – М., 1979.
- ЛТ 1.5.37. Николис Г., Пригожин П. Познание сложного. – М., 1990.
- ЛТ 1.5.38. Пригожин И. От существующего к возникающему. *Время и сложность в физических науках.*– М., 1985.
- ЛТ 1.5.39. Розгачева И.К. Самоорганизующиеся системы во Вселенной. – М., 1989.
- ЛТ 1.5.40. Шелепин Л.А. Вдали от равновесия. – М., 1987.
- ЛТ 1.5.41. Назаретян А.П. Интеллект во Вселенной. *Очерки междисциплинарной теории прогресса.* – М., 1991.
- ЛТ 1.5.42. Моисеев Н.Н. Универсальный эволюционизм и коэволюция // *Природа*, 1989, №9.
- ЛТ 1.5.43. Моисеев Н.Н. Логика универсального эволюционизма и кооперативность//*Вопросы философии*, 1989, №5.
- ЛТ 1.5.44. Моисеев Н.Н. Восхождение к Разуму. *Лекции по универсальному эволюционизму.* – М., 1993.
- ЛТ 1.5.45. Лихтентейн В.Е. Парадокс единства в многообразии (*Универсальная теория развития*) // *Гипотезы. Прогнозы. (Наука и фантастика)*. Вып. 24. – М., 1991.
- ЛТ 1.5.46. Шкловский И.С. Вселенная. Жизнь. Разум. – М., 1987.

- ЛТ 1.5.47. *Внеземные цивилизации. Проблемы межзвездной связи.* – М., 1969.
- ЛТ 1.5.48. *Лесков Л.В. Космические цивилизации: проблемы эволюции.* – М., 1985.
- ЛТ 1.5.49. *Вселенная и разум.* – М., 1988.
- ЛТ 1.5.50. *Комаров В.Н. В космическом зеркале.* – М., 1989.
- ЛТ 1.5.51. *Девис П. Случайная Вселенная.* – М., 1985.
- ЛТ 1.5.52. *Потупа А.С. Открытие Вселенной – прошлое, настоящее, будущее.* – Минск, 1991.
- ЛТ 1.5.53. *Войткевич Г.В. Происхождение и химическая эволюция Земли.* – М., 1983.

Модуль 2.1. Дискретность и непрерывность в природе.

- ЛК 2.1.1. Единая непрерывная субстанция ионийских мыслителей. Четыре стихии Эмпедокла. Противоречия однородности и непрерывности: Зенон. Атомистические концепции: Демокрит, Эпикур, Лукреций. Позиция Аристотеля.
- ЛК 2.1.2. Атомистические и континуалистские представления в эпоху Возрождения и в Новое время. Концепции близкодействия (Декарт) и дальнодействия (Ньютон). Свет: поток корпускул (Ньютон) или волна (Френель)? Появление концепции поля (Фарадей, Максвелл).
- ЛК 2.1.3. Возникновение квантовых представлений о природе света (Планк, Эйнштейн). Что же такое свет: притча о семерых слепцах. Волновые свойства элементарных частиц. Современные представления о структуре материи: квантованные поля. Вакуум — форма материи; его свойства.

Литература к модулю 2.1.

- ЛТ 2.1.1. *Кузнецов Б.Г. Эволюция картины мира.* – М., 1961.
- ЛТ 2.1.2. *Чанышев А.Н. Курс лекций по древней философии.* – М., 1981
- ЛТ 2.1.3. *Чанышев А.Н. Курс лекций по древней и средневековой философии.* – М., 1991.

- ЛТ 2.1.4. Гайденок П.П. *Эволюция понятия науки: становление и развитие первых научных программ.* – М., 1980.
- ЛТ 2.1.5. Гайденок П.П. *Эволюция понятия науки: формирование научных программ Нового времени.* – М., 1987.
- ЛТ 2.1.6. Лункевич В.В. *От Гераклита до Дарвина: очерки по истории биологии, тт. 1 и 2.* – М., 1960.
- ЛТ 2.1.7. Кудрявцев П.С. *Курс истории физики.* – М., 1982.
- ЛТ 2.1.8. Соловьев Ю.И. *История химии: развитие химии с древнейших времен до конца XX века.* – М., 1983.
- ЛТ 2.1.9. Шелест В.П. *Осколки.* – М., 1981.
- ЛТ 2.1.10. Мигдал А.Б. *Квантовая физика для больших и маленьких.* – М., 1989.
- ЛТ 2.1.11. Имри Д., Уэб, Р. *Квантовая интерференция и эффект Ааронова-Бома // В мире науки, 1989, №6.*
- ЛТ 2.1.12. Слашер Р.Э., Юрке Б. *Сжатый свет // В мире науки, 1988, №7.*
- ЛТ 2.1.13. Матвеев А.Н. *Атомная физика.* – М., 1989.

Модуль 2.2. Симметрия природы и ее законов.

- ЛК 2.2.1. Геометрическая симметрия и ее эстетическое значение. Пифагорейцы: «музыка сфер». «Золотое сечение». Поиски симметрии в мироздании: правильные тела Платона, небесные сферы Птолемея, многогранники Кеплера. Однородность и изотропность Вселенной.
- ЛК 2.2.2. Симметрия как инвариантность по отношению к определенному преобразованию. Симметрия законов природы. Пространственно-временные симметрии: однородность времени, однородность и изотропность пространства, эквивалентность всех инерциальных систем отсчета. Проблемы симметрии относительно обращения времени.
- ЛК 2.2.3. Симметрия и законы сохранения. Теорема Эмми Нетер. Симметрии микромира: симметрия относительно перестановки частиц, калибровочная симметрия, кварк-лептонная симметрия, суперсимметрия.

ЛК 2.2.4. Понятие и примеры спонтанного нарушения симметрии. Объединение взаимодействий. Морфогенез как цепочки нарушений симметрии. Возникновение жизни и нарушение киральной симметрии. Дальнейшие нарушения симметрии в ходе биологической и социальной эволюции.

ЛК 2.2.5. Диалектика симметрии и асимметрии в природе, научном познании и художественном творчестве. Симметрия, энтропия и информация.

Литература к модулю 2.2.

ЛТ 2.2.1. Вейль Г. *Симметрия*. – М., 1968.

ЛТ 2.2.2. Фейнман Р. *Характер физических законов*. – М., 1968.

ЛТ 2.2.3. *Принцип симметрии: историко-методологические проблемы*. – М., 1978.

ЛТ 2.2.4. Тарасов Л.В. *Этот удивительно симметричный мир*. – М., 1982

ЛТ 2.2.5. Вигнер Ю. *Этюды о симметрии*. – М., 1971.

ЛТ 2.2.6. *Симметрия (законов физики) // Физический энциклопедический словарь*. – М., 1983.

ЛТ 2.2.7. Жмудь Л.Я. *Пифагор и его школа*. – Л., 1990.

ЛТ 2.2.8. Дорфман Я.Г. *Всемирная история физики (с древнейших времен до конца XVIII века)*. – М., 1974.

ЛТ 2.2.9. Дорфман Я.Г. *Всемирная история физики (с начала XIX до середины XX вв.)* – М., 1979.

ЛТ 2.2.10. Гарднер М. *Этот правый, левый мир*. – М., 1967.

ЛТ 2.2.11. Гельфер Я.М. *Законы сохранения*. – М., 1967.

ЛТ 2.2.12. Готт В.С. *Философские вопросы современной физики*. – М., 1967.

ЛТ 2.2.13. Мороз О.П. *В поисках гармонии*. – М., 1978.

ЛТ 2.2.14. Девис П. *Суперсила*. – М., 1989.

ЛТ 2.2.15. Хабер Г.Э., Кейн Г.Л. *Обладает ли природа суперсимметрией? // В мире науки, 1986, №8.*

- ЛТ 2.2.16. Кляйн Д.Б. За пределами «истины» и «прелести»: четвертое поколение частиц//В мире науки, 1988, №10.
- ЛТ 2.2.17. Потерянное поколение // В мире науки, 1990, №2, с.53.
- ЛТ 2.2.18. Адэр Р.К. Дефект вселенского зеркала // В мире науки, 1988, №4.
- ЛТ 2.2.19. Ахундов М.Д., Баженов Л.Б. Физика на пути к единству. – М., 1985.
- ЛТ 2.2.20. Волькенштейн М.В. Биофизика. – М., 1988.
- ЛТ 2.2.21. Волькенштейн М.В. Сущность биологической эволюции//Успехи физических наук, 1984, т.143, вып. 3.
- ЛТ 2.2.22. Марри Д.Д. Отчего у леопарда пятна на шкуре // В мире науки, 1988, №5.
- ЛТ 2.2.23. Геринг В.И. Молекулярные основы развития // В мире науки, 1985, №12.
- ЛТ 2.2.24. Бердсли Т. Умные гены // В мире науки, 1991, №10.
- ЛТ 2.2.25. Морозов Л.Л. Поможет ли физика понять, как возникла жизнь? // Природа, 1984, №12.
- ЛТ 2.2.26. Хегстрем Р.А., Кондепуди Д.К. Зеркальная асимметрия Вселенной // В мире науки, 1990, №3.
- ЛТ 2.2.27. Аветисов В.А., Гольданский В.И. Как нарушилась зеркальная симметрия биосферы // В мире науки, 1990, №2, с.97.
- ЛТ 2.2.28. Урманцев Ю.А. Симметрия в живой природе // Детская энциклопедия (3-е изд.), т.4. – М., 1973.
- ЛТ 2.2.29. Артур У.Б. Механизмы положительной обратной связи в экономике // В мире науки, 1990, №4.

Модуль 2.3. Современная физическая картина мира.

- ЛК 2.3.1. Фундаментальные и составные частицы и их взаимодействия.
- ЛК 2.3.2. Физические поля. Механизм передачи взаимодействий. Частицы реальные и частицы виртуальные. Физический вакуум.

- ЛК 2.3.3. Современные представления о пространстве-времени. Относительность пространственных и временных промежутков. Искривление пространства-времени материей и его последствия. Черные дыры. Понятие о скрытых измерениях пространства-времени.
- ЛК 2.3.4. Единство физики микро- и мегамира. Элементарные частицы и структура Вселенной. Проблема скрытой массы.
- ЛК 2.3.5. Обзор важнейших проблем современной физики: на пути к Теории Всего Сущего; высокотемпературная сверхпроводимость; физика сложных систем и т.д.

Литература к модулю 2.3.

- ЛТ 2.3.1. Иванов Б.Н. *Законы физики.* – М., 1986.
- ЛТ 2.3.2. Иванов Б.Н. *Принципы современной физики.* – М., 1973.
- ЛТ 2.3.3. Намбу Е. *Кварки: на переднем крае физики элементарных частиц.* – М., 1984.
- ЛТ 2.3.4. Окунь Л.Б. *а, b, g.. Z.* – М., 1985.
- ЛТ 2.3.5. Ребби К. *Решеточная теория удержания кварков // В мире науки, 1983, №4.*
- ЛТ 2.3.6. Хабер Г.Э., Кейн Г.Л. *Обладает ли природа суперсимметрией? // В мире науки, 1986, №8.*
- ЛТ 2.3.7. Гут А.Г., Стейнхардт П.Дж. *Раздувающаяся Вселенная // В мире науки, 1984, №7.*
- ЛТ 2.3.8. Мултановский В.В. *Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе.* – М., 1977.
- ЛТ 2.3.9. Григорьев В.И., Мякишев Г.Я. *Силы в природе.* – М., 1988.
- ЛТ 2.3.10. Девис П. *Суперсила. Поиски единой теории природы.* – М., 1989.
- ЛТ 2.3.11. Анфилов Г.Б. *Бегство от удивлений.* – М., 1974.
- ЛТ 2.3.12. Боулер М. *Гравитация и относительность.* – М., 1979.
- ЛТ 2.3.13. Владимиров Ю.С. *Пространство-время: явные и скрытые размерности.* – М., 1989.

- ЛТ 2.3.14. Фридман Д.З., ван Ньюенхойзен П. Скрытые измерения пространства-времени // *В мире науки*, 1985, №5.
- ЛТ 2.3.15. Розенталь И.Л. Геометрия, динамика, Вселенная. – М., 1987.
- ЛТ 2.3.16. Розенталь И.Л. Элементарные частицы и структура Вселенной. – М., 1984.; *Вселенная и частицы*. – М., 1990.
- ЛТ 2.3.17. Долгов А.Д., Зельдович Я.Б., Сажин М.В. Космология ранней Вселенной. – М., 1988.
- ЛТ 2.3.18. Шрамм Д.Н., Стейгман Г. Проверка космологических теорий на ускорителях элементарных частиц // *В мире науки*, 1988, №8.
- ЛТ 2.3.19. Аббот Л. Тайна космологической постоянной // *В мире науки*, 1988, №7.
- ЛТ 2.3.20. Гоулдман Т., Хьюз Р.Дж., Нието М.М. Гравитация и антивещество // *В мире науки*, 1988, №5.
- ЛТ 2.3.21. Краус Л.М. Невидимое вещество во Вселенной // *В мире науки*, 1987, №2.
- ЛТ 2.3.22. Девис П. Случайная Вселенная. – М., 1985.
- ЛТ 2.3.23. Ахундов М.Д., Баженов Л.Б. Физика на пути к единству. – М., 1985.
- ЛТ 2.3.24. Гинзбург В.Л. О физике и астрофизике. – М., 1985.

Модуль 2.4. Современная биологическая картина мира.

- ЛК 2.4.1. Аспекты понятия «жизнь»: химический, термодинамический, исторический, кибернетический. Системный подход к изучению живого.
- ЛК 2.4.2. Живой организм как целостная система. Иерархичность организации живого: от органоидов клетки до биосферы. Координация и регуляция на организменном уровне. Понятие о гомеостазе.
- ЛК 2.4.3. Химия живого. Биомолекулы: углеводы, липиды, аминокислоты, белки, нуклеиновые кислоты. Особенности кинетики биохимических реакций: ферменты.

- ЛК 2.4.4. Генетический код и проблема его происхождения. Механизм экспрессии генов. Проект «Геном человека».
- ЛК 2.4.5. Информатика жизни. Измерение количества информации. Материальные носители биологической информации. Понятие о ценности биологической информации и ее возрастании в ходе эволюции и онтогенеза.
- ЛК 2.4.6. Энергетика организма: питание и дыхание. Автотрофное питание: фотосинтез и его молекулярные механизмы. Типы и способы гетеротрофного питания. Энергетика клетки: биологическое окисление. Роль АТФ. Митохондрии.
- ЛК 2.4.7. Популяция, вид, биоценоз. Взаимодействие видов в биоценозе (пищевые цепи, пространственное распределение). Биосфера — особая географическая оболочка. Понятие о геосфере. Круговорот веществ и энергии в геосфере.
- ЛК 2.4.8. Второй закон термодинамики и биология. Понятие о качестве энергии и о негэнтропии. Потоки негэнтропии в геосфере. Энтропийный баланс геосферы и вклад цивилизации. Три закона экологии (Б. Коммонер).
- ЛК 2.4.9. Механизмы видообразования. Понятие о популяционной генетике. Синтетическая теория эволюции и ее проблемы. Биологическая эволюция как один из этапов самоорганизации материи.
- ЛК 2.4.10. Этология.

Литература к модулю 2.4

- ЛТ 2.4.1. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. *Биология*, тт. 1–3. – М., 1990.
- ЛТ 2.4.2. Медавар П., Медавар Дж. *Наука о живом: современные концепции в биологии*. – М., 1983.
- ЛТ 2.4.3. Рубин А.Б. *Биофизика*, тт. 1, 2. – М., 1987.
- ЛТ 2.4.4. Волькенштейн М.В. *Биофизика*. – М., 1988.

- ЛТ 2.4.5. Шредингер Э. *Что такое жизнь: с точки зрения физика.* – М., 1972.
- ЛТ 2.4.6. Флиндт Р. *Биология в цифрах.* – М., 1992.
- ЛТ 2.4.7. *Молекулы жизни // В мире науки, 1985, №12.*
- ЛТ 2.4.8. Шерстнев М.П., Комаров О.С. *Химия и биология нуклеиновых кислот.* – М., 1990.
- ЛТ 2.4.9. Уотсон Дж.Д. *Двойная спираль.* – М., 1969.
- ЛТ 2.4.10. Попов Е.М. *Естествознание и проблема белка.* – М., 1989.
- ЛТ 2.4.11. Айала Ф., Кайгер Дж. *Современная генетика, тт. 1,2.* – М., 1987–88.
- ЛТ 2.4.12. Войткевич Г.В., Вронский В.А. *Основы учения о биосфере.* – М., 1989.
- ЛТ 2.4.13. *Биосфера.* – М., 1972.
- ЛТ 2.4.14. Вернадский В.И. *Биосфера.* – М., 1967.
- ЛТ 2.4.15. Андерсон Дж. М. *Экология и науки об окружающей среде: биосфера, экосистемы, человек.* – Л., 1985.
- ЛТ 2.4.16. Рубин А.Б. *Термодинамика биологических процессов.* – М., 1984.
- ЛТ 2.4.17. *Термодинамика и регуляция биологических процессов.* – М., 1984.
- ЛТ 2.4.18. Ребане К.К. *Энергия, энтропия, среда обитания.* – М., 1985.
- ЛТ 2.4.19. Волькенштейн М.В. *Энтропия и информация* – М., 1986.
- ЛТ 2.4.20. Вильсон А.Дж. *Энтропийные принципы моделирования сложных систем.* – М., 1978.
- ЛТ 2.4.21. Гиренок Ф.И. *Экология. Цивилизация. Ноосфера.* – М., 1987
- ЛТ 2.4.22. Коммонер Б. *Замыкающийся круг: природа, человек, технология.* – Л., 1974.
- ЛТ 2.4.23. Воронцов Н.Н., Сухорукова Л.Н. *Эволюция органического мира.* – М., 1991.

- ЛТ 2.4.24. Горбань А.Н., Хлебопрос Р.Г. Демон Дарвина: идея оптимальности и естественный отбор. – М., 1988.
- ЛТ 2.4.25. Волькенштейн М.В. Сущность биологической эволюции//Успехи физических наук, 1984, т.143, вып. 3.
- ЛТ 2.4.26. Камишилов М.М. Эволюция биосферы.– М., 1979.
- ЛТ 2.4.27. Клауд П. Биосфера // В мире науки, 1983, №11.
- ЛТ 2.4.28. Левонтин Р. Генетические основы эволюции. – М., 1978.
- ЛТ 2.4.29. Майр Э. Популяции, виды и эволюция. – М., 1974.
- ЛТ 2.4.30. Седов Е.А. Эволюция и информация. – М., 1976.
- ЛТ 2.4.31. Стеббинс Дж.Л., Айала Ф.Х. Эволюция дарвинизма // В мире науки, 1985, №9.
- ЛТ 2.4.32. Вилсон А.К. Молекулярные основы эволюции // В мире науки, 1985, №12.
- ЛТ 2.4.33. Шмальгаузен И.И. Кибернетические вопросы биологии. – Новосибирск, 1968.
- ЛТ 2.4.34. Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. Краткий очерк теории эволюции. – М., 1977.
- ЛТ 2.4.35. Назаретян А.П. Интеллект во Вселенной. Очерки междисциплинарной теории прогресса. – М., 1991.
- ЛТ 2.4.36. Дьюсбери Д. Поведение животных. Сравнительные аспекты. – М., 1981.
- ЛТ 2.4.37. Дольник В. Непослушное дитя биосферы. Беседы о человеке в компании птиц и зверей. – М., 1994.
- ЛТ 2.4.38. Докинз Р. Эгоистичный ген. – М., 1993.
- ЛТ 2.4.39. Ичас М. О природе живого: механизмы и смысл. – М., 1994.
- ЛТ 2.4.40. Лоренц К. Агрессия. – М., 1994.

Модуль 2.5. Естественнонаучная информационная картина мира

- ЛК 2.5.1. Информация: проблема определения. Функциональная и атрибутивная концепция, их достоинства и недостатки. Количество информации по Шеннону.

Системно-информационная и естественнонаучная информационная картины мира, их соотношение.

- ЛК 2.5.2. Естественнонаучная информационная картина мира (ЕНИКМ): соотношение информации и материи. Информация как антипод энтропии. Информационная трактовка физических законов (принцип Паули) и процессов (квантовая телепортация).
- ЛК 2.5.3. ЕНИКМ: информация и пространственно-временные соотношения. Информационная природа запрета на сверхсветовые скорости передачи сигналов, в том числе с помощью квантовых корреляций.
- ЛК 2.5.4. ЕНИКМ: движение как эволюция и его информационные характеристики. Процессы возникновения и рассеяния информации. Проблема определения качества информации. Алгоритмическая сложность. Проблема изменения количества и качества биологической информации по ходу онтогенеза и филогенеза.
- ЛК 2.5.5. ЕНИКМ: информационные аспекты взаимодействия. Понятие взаимодействия через общее происхождение (однородность Вселенной в космологических масштабах, единство генетического кода у всех земных организмов). Избирательность взаимодействия (энзимы). Взаимосвязь части и целого как информационное взаимодействие (принцип экологического соответствия, антропный принцип).
- ЛК 2.5.6. ЕНИКМ: информация, случайность, флуктуации. Парадокс демона Максвелла. Квантовые флуктуации и соотношения неопределенностей с информационной точки зрения.

Возможные темы семинаров

- С 2.5.1. Энтропийный анализ текстов.
- С 2.5.2. Генетическая информация: количество, ценность, незаменимость, смысл.
- С 2.5.3. Материализация информации в виртуальных мирах: философские проблемы «Матрицы».

Литература к модулю 2.5

- ЛТ 2.5.1. Свиридова, Е.И. *Естественнонаучная информационная картина мира* /В.В.Свиридов, Е.И.Свиридова // Свиридов В.В. *Концепции современного естествознания*. – СПб: Питер, 2005. – С. 298–311.
- ЛТ 2.5.2. Свиридова, Е.И. *Естественнонаучные представления об информационных процессах* / Е.И. Свиридова, В.В. Свиридов // *Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. «Фундаментальное естественнонаучное образование»*, 2002, №7 (1–2). – С.65–74.
- ЛТ 2.5.3. Урсул А.Д. *Информация* // *Философский энциклопедический словарь*. — М.: Сов. энциклопедия, 1983..
- ЛТ 2.5.4. Бриллюэн Л. *Наука и теория информации*. — М.: Физматгиз, 1960. 392 с..
- ЛТ 2.5.5. Поплавский Р.П. *Термодинамика информационных процессов*. — М.: Наука, 1981..
- ЛТ 2.5.6. Седов А.Е., Попов Л.В., Чудов С.В. *Развитие концепций информации в контексте биологии. Поиски междисциплинарной методологии: история и современность* // *Полигнозис*, 1998, №5. – [Электронный ресурс]– URL: http://dr-gng.dp.ua/library/inf_bio.htm.
- ЛТ 2.5.7. Седов А.Е. *Концепции информации в биологии: поиски междисциплинарной методологии и их особенности в отечественной науке* // *Институт истории естествознания и техники РАН. Годичная научная конференция*. — М.: Янус-К, 1997. С.95–100.
- ЛТ 2.5.8. Седов А.Е. *Концепции информации в биологии развития: основные исторические вехи* // *Институт истории естествознания и техники РАН. Материалы годичной научной конференции 1999 г.* — М.: Эдиториал УРСС, 2000. С.249–252.
- ЛТ 2.5.9. Седов А.Е. *Живое и информация* // *Биология в школе*, 2000, №4, с. 8–14
- ЛТ 2.5.10. Стратонович Р.Л. *О ценности информации* // *Изв. АН СССР. Серия «Технич. кибернетика»*, 1965, №5, с. 3–12.

- ЛТ 2.5.11. Харкевич А.А. О ценности информации // Проблемы кибернетики, 1960, вып. 4, с. 53—57.
- ЛТ 2.5.12. Волькенштейн М.В. Биофизика. — М.: Наука, 1988.
- ЛТ 2.5.13. Turchin V.F. *The Phenomenon Of Science: A Cybernetic Approach To Human Evolution*. — N.Y.: Columbia Univ. Press, 1977. 261 pp. [Электронный ресурс] — URL: <http://pespmc1.vub.ac.be/POSBOOK.html>.
- ЛТ 2.5.14. Информатика: Энциклопедический словарь / Сост. Д.А. Поспелов. — М., 1994.
- ЛТ 2.5.15. Седов Е.А. Одна формула и весь мир. Книга об энтропии. — М., 1982.
- ЛТ 2.5.16. Mantegna, R.L. Linguistic features of noncoding DNA sequences / R.L. Mantegna et al. // *Phys.Rev. Lett.*, 1994, V. 73, No.23. — P.3169–3172.
- ЛТ 2.5.17. Изаков, М.Н. Самоорганизация и информация на планетах и в экосистемах / М.Н. Изаков // *Успехи физ.наук*, 1997, Т.167, №10. — С.1087–1094.
- ЛТ 2.5.18. Хакен Г. *Информация и самоорганизация*. — М.: Мир, 1991.
- ЛТ 2.5.19. Чернавский Д.С. *Синергетика и информация*. — М: Знание, 1990.
- ЛТ 2.5.20. Коханов В.В. *Информационные процессы в природе, обществе и технике*. — Чебоксары: Клио, 1997. 52 с.
- ЛТ 2.5.21. Aerts, D. *World Views: From Fragmentation To Integration* / D. Aerts, L. Apostel, B. de Moor, S. Hellemans, E. Maex, H. van Belle, J. van der Veken — VUB Press: Brussels, 1994.
- ЛТ 2.5.22. Бешенков С.А., Лыскова В.Ю, Ракитина Е.А. *Информатика и информационные процессы* // *Информатика и образование*, 1998, №6, с. 38—50; №7, с. 41—55; №8, с. 39—50.

Указатель имен

А

- Августин Блаженный Аврелий (354–430) 46, 47, 94
Агассис Жан Луи (1807–1873)..... 78
Александр Македонский (356–323 до н.э.) 28, 36
Алкмеон Кротонский (VI–V вв. до н.э.) 17, 18
Ампер Андре Мари (1775–1836) 80
Анаксимандр (ок.610 – после 547 до н.э.) 13, 14, 15
Анаксимен (ок.566 – ок.499 до н.э.) 13, 14
Ансельм Кентерберийский (1033 – 1109)..... 47
Аполлоний Пергамский (ок.260 – ок.170 до н.э.) 37, 38
Ариосто Лудовико (1474 – 1533)..... 84
Аристарх Самосский (кон.IV – 1-я пол.III в. до н.э.)... 33, 38,
50
Аристотель (384 – 322 до н.э.)... 20, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32,
33, 34, 35, 36, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 53, 54, 57, 84,
94, 97, 102, 106
Архимед (287 – 212 до н.э.) 37, 53, 94
Ахматова Анна Андреевна (1889 – 1966)..... 9

Б

- Баливи Джорджио (конец XVIII в.)..... 66
Бернулли Иоганн (1667 – 1748)..... 61
Бертло Пьер Эжен Марселен (1827 – 1907) 74
Био Жан Батист (1774 – 1862) 80
Больцман Людвиг (1844 – 1906)..... 82, 100
Бор Нильс Хендрик Давид (1885 – 1962) 100
Боз Франциск де ла, *Сильвий* (1614 – 1672) 64
Будда Сиддхарта Гаутама (623 – 544 до н.э.)..... 10, 11
Бэкон Роджер (ок. 1214 – 1292)..... 48, 94
Бэкон Френсис (1561 – 1626)..... 52, 94
Бэр Карл Максимович (1792 – 1876)..... 76
Бюффон Жорж Луи Леклерк де (1707 – 1788) 69, 70, 76, 102

В

Вебер Вильгельм Эдуард (1804 – 1891).....	80
Везалий Андреас (1514 – 1564)	52
Вейль Герман (1885 – 1955).....	26, 108
Вёлер Фридрих (1800 – 1882).....	74
Величко Феликс (XX в.).....	93
Верн Жюль (1828 – 1905).....	69
Вернадский Владимир Иванович (1863 – 1945)	6, 71
Вероккьо Андреа дель (1435 – 1488)	49
Вольф Каспар Фридрих (1734 – 1794).....	75

Г

Гален Пергамский (ок.130 – ок.200)	43, 44, 49, 54, 94
Галилей Галилео (1564 – 1642)..	41, 52, 53, 54, 58, 59, 64, 84, 86, 94, 97
Галлей Эдмунд (1656 – 1742)	60
Гальвани Луиджи (1737 – 1798)	80
Гарвей Уильям (1578 – 1657).....	52, 54, 58, 64, 66, 75, 94
Гачев Георгий Дмитриевич (р.1929).....	92
Гегель Георг Вильгельм Фридрих (1770 – 1831).....	16
Гёдель Курт (1906 – 1978).....	26, 95
Гейлс Стивен (1677 – 1761)	74
Гельмгольц Герман Людвиг Фердинанд (1821 – 1894).....	75
Гераклит Эфесский (ок.530 – ок.470 до н.э.) ...	15, 16, 23, 24, 50, 83, 94, 97, 98, 107
Геродот (ок.485 – ок.425).....	77
Герофил Халкедонский (р. ок. 300 до н.э.)	43
Гиббс Джозайя Уиллард	82
Гиппарх Родосский (ок.180 – 125 до н.э.)	38, 60
Гиппократ (ок. 460 – 377 до н.э.).....	18, 43
Грю Неемия (1641 – 1712)	65
Гук Роберт (1635 – 1703).....	64, 86
Гумилев Лев Николаевич (1912 – 1992)	9, 10, 87
Гумилев Николай Степанович (1886 – 1921).....	9

Д

- д'Орбиньи Альсид Дессалин (1802 – 1857) 73
 Даламбер Жан Лерон (1717 – 1783) 61
 Дамаскин Иоанн (675 – 753) 47
 Дарвин Чарлз Роберт (1809 – 1882) 71, 77, 78, 83, 86, 94, 98,
 102, 103, 107
 Дарвин Эразм (1731 – 1802) 71
 Декарт Рене (1596 – 1650).... 54, 55, 56, 57, 58, 61, 64, 66, 86,
 94, 97, 102, 103, 106
 Демокрит Абдерский (ок.470 – ок.380)26, 27, 33, 41, 55, 106
 Джоуль Джеймс Прескотт (1818 – 1889) 75
 Дикеарх Мессенский (2-я пол. IV в. до н.э.) 28
 Диоген Лаэртий (1-я пол. III в.) 15, 24
 Диоген Синопский (ок.400 – ок.325 до н.э.) 21
 Диофант Александрийский (ок. III в.) 37
 Докинз Ричард (XX в.) 114
Достоевский Федор Михайлович (1821 – 1881) 84
 Дюбуа-Реймон Эмиль Генрих (1818 – 1896) 78

Е

- Евдем Родосский (2-я пол. IV в. до н.э.) 14, 28
 Евклид (III в. до н.э.) 37, 94, 95
 Екатерина II (1729 – 1796) 75

З

- Заратуштра (от X до VI в. до н.э.) 10
 Зенон Элейский (ок.490 – 430 до н.э.) .. 24, 25, 26, 31, 32, 35,
 93, 97, 98, 106

И

- Ингенхауз Ян (1733 – 1799) 74

К

- Кант Иммануил (1724 – 1804) 63, 70, 102
 Кантор Георг (1845 – 1918) 26
 Капица Сергей Петрович (р.1928) 93

Кеплер Иоганн (1571 – 1630).....	107
Клаузиус Рудольф Юлиус Эммануэль (1822 – 1888)	100
Коммонер Барри (XX в.)	112, 113
Константин I Великий (ок.285 – 337)	45
Конфуций, Кун Цзы (ок. 551 – 479 до н.э.)	11
Коперник Николай (1473 – 1543).....	50, 51, 52, 54, 86
Ксеркс (ум.465 до н.э.)	10
Кузнецов Борис Григорьевич (XX в.).....	9, 40, 64, 83, 84, 98, 100, 103, 106
Кулон Шарль Огюстен (1736 – 1806)	80
Кювье Жорж Леопольд (1769 – 1832).....	72, 73, 76, 78, 102

Л

Лавуазье Антуан Лоран (1743 – 1794)	74
Лайель Чарлз (1797 – 1875).....	76, 77, 86, 102, 103
Лайфут Джон (XVIII в.).....	76
Ламарк Жан Батист де Моне шевалье де (1744 – 1829)....	69, 71, 72, 78, 86, 102, 103
Лао Цзы, Ли Эр (IV – III вв. до н.э.)	11
Лаплас Пьер Симон (1749 – 1827) 61, 63, 70, 80, 86, 102, 103	
Левенгук Антони ван (1632 – 1723)	65, 66
Левкипп (V в. до н.э.)	26, 27, 33
Лейбниц Готфрид Вильгельм (1646 – 1716)	60
Лем Станислав (р.1921).....	103
Леонардо да Винчи (1452 – 1519) ...	48, 49, 50, 53, 86, 91, 94, 98
Линней Карл, наст. фамилия Ингмарссон (1707 – 1778) ..	64, 67, 68, 69, 71
Ломоносов Михаил Васильевич (1711 – 1765) .	77, 80, 84, 91
Лоренц Конрад (1903 – 1989)	114
Лоренц Хендрик Антон (1853 – 1928)	81
Луcreций, Тит Луcreций Кар (99 – 55 до н.э.)	22, 27, 40, 41, 42, 69, 84, 91, 97, 100, 106
Лункевич Валериан Викторович (XIX–XX в.)	83, 94, 98, 103, 107
Лысенко Трофим Денисович (1898 – 1976)	72

М

Майер Юлиус Роберт (1814 – 1878).....	75
Максвелл Джеймс Клерк (1831 – 1879)...	81, 82, 87, 100, 106
Мальтус Томас Роберт (1766 – 1834).....	98
Мах Эрнст (1838 – 1916).....	81
Медавар Питер Брайан (р. 1915)	112
Менон (2-я пол. IV в. до н.э.).....	28
Микеланджело Буонарроти (1475 – 1564).....	51
Милон Кротонский (кон.VI в. до н.э.)	17
Мориц Оранский (1567 – 1625).....	55
Мушенбрук Питер ван (1692 – 1761).....	80
Мэйюу (1643 – 1679)	64, 74

Н

Ньютон Исаак (1643 – 1727)	32, 38, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 69, 86, 97, 106
----------------------------	--

П

Парменид Элейский (ок.520 – ок.445 до н.э.)..	16, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 47, 93, 97
Пачоли Лука (ок.1445 – после 1509).....	49
Перикл (ок. 490 – 429 до н.э.).....	24
Пифагор Самосский (ок.570 – ок.495 до н.э.)..	16, 17, 19, 20, 84, 93, 95, 108
Планк Макс Карл Эрнст Людвиг (1858 – 1947).....	106
Платон (428 – 348 до н.э.)	19, 20, 21, 28, 34, 35, 44, 93, 94, 107
Плутарх (ок.45 – ок.127)	24, 28
Поликрат (? – ок.522 до н.э.).....	17
Прабхупада А.Ч. Бхактиведанта Свами (XX в.)	93
Пригожин Илья Романович (р.1917).....	5, 79, 101, 105
Пристли Джозеф (1733 – 1804).....	74
Прутков Козьма.....	7
Птолемей Клавдий (ок.90 – ок.160)	38, 39, 51, 107
Пушкин Александр Сергеевич (1799 – 1837).....	21

Р

Реомюр Рене Антуан (1683 – 1757).....	74
Рихман Георг Вильгельм (1711 – 1753).....	80
Рэй Рей Джон (1627 – 1705).....	67

С

Савар Феликс (1791 – 1841).....	80
Селевк I Никатор (ок.358 – 280 до н.э.).....	43
Симпликий Киликийский (ум. 549).....	23, 25
Сноу Чарлз Перси (1905 – 1980).....	92

Т

Теофраст, Феофраст, наст. имя Тиртам (372 – 287 до н.э.)	28, 43
Тертуллиан Квинт Септимий Флоренс (ок.160 – после 220)	45
Тициан, Тициано Вечеллио (1477 – 1576).....	52
Толстой Лев Николаевич (1828 – 1910).....	48
Торре делла (XV–XVI вв.).....	49

У

Уоллес Альфред Рассел (1823 – 1913).....	77, 78
--	--------

Ф

Фалес Милетский (ок.625 – ок.547 до н.э.).....	13, 14, 17, 95
Фарадей Майкл (1791 – 1867).....	80, 81, 106
Феодосий I (ок.346 – 395).....	45
Филипп II Македонский (ок. 382 – 336 до н.э.).....	28
Франклин Бенджамин (1706 – 1790).....	80

Х

Христос Иисус (ок.4 до н.э. – ок. 30 н.э.).....	45, 47
---	--------

Ш

Шкловский Иосиф Самуилович (1916 – 1985).....	103, 105
---	----------

Э

Эйлер Леонард (1707 – 1783).....	61
Эйнштейн Альберт (1879 – 1955).....	40, 61, 81, 84, 100, 106
Эмпедокл Акрагантский (ок.490 – ок.430 до н.э.).	22, 23, 24, 69, 84, 91, 97, 102, 106
Энгельс Фридрих (1820 – 1895)	12
Эпикур (341 – 270).....	27, 40, 41, 42, 55, 84, 97, 100, 106
Эрасистрат Кеосский (ок.300 – ок.240 до н.э.)	43
Эрстед Ханс Кристиан (1777 – 1851).....	80

Ю

Юстиниан I (482 – 565)	45
------------------------------	----