

БОЛЬШАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ АСТРОНОМИИ



Для среднего школьного возраста

БОЛЬШАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ АСТРОНОМИИ

Авторы: *О. В. Александрова, С. В. Аюков, А. В. Засов, Э. В. Кононович, К. В. Куимов, В. М. Липунов, Т. А. Лозинская, К. А. Порцевский, К. А. Постнов, Ж. Ф. Родионова, Н. Н. Самусь, В. Г. Сурдин, В. И. Цветков, С. А. Цуканов*

Составитель *Л. А. Феокистов*

Иллюстрации: *Н. А. Васильев, Н. В. Данильченко, М. О. Дмитриев, Н. С. Краснова, И. В. Максимова, А. Н. Орлов, А. Н. Позиненко, А. Г. Проскуряков, А. Н. Савельев, А. М. Саморезов, А. В. Свербута, И. Н. Ситников, Т. Е. Ситникова, А. Н. Сичкарь, Н. В. Сучкова, В. Г. Челак*

Дизайн обложки *В. И. Митянина*

Дизайн макета *О. В. Иванов*

Ответственный редактор *Е. В. Волкова*

Художественный редактор *О. В. Куликова*

Технический редактор *А. Т. Добрынина*

Корректор *Л. А. Лазарева*

В книге использованы звездные карты, изготовленные на основе программы «Карта неба», разработанной И. В. Чилингаряном

Издание подготовлено компьютерным центром издательства «РОСМЭН».

Подписано к печати 23.10.2008. Формат 60×90^{1/8}.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура PetersburgС.

Усл. печ. л. 25,0. Тираж 5000 экз.

Заказ №

ЗАО «РОСМЭН-ПРЕСС».

Почтовый адрес: 125124, Москва, а/я 62.

Тел.: (495) 933-71-30.

Юридический адрес: 129301, Москва,

ул. Бориса Галужкина, д. 23, стр. 1.

Наши клиенты и оптовые покупатели могут оформить заказ, получить опережающую информацию о планах выхода изданий и перспективных проектах в Интернете по адресу: www.rosman.ru

ОТДЕЛ ОПТОВЫХ ПРОДАЖ:

все города России, СНГ: (495) 933-70-73;

Москва и Московская область: (495) 933-70-75.

Б 79 **Большая энциклопедия астрономии** / Сост. Л. А. Феокистов. — М.: ЗАО «РОСМЭН-ПРЕСС», 2009. — 200 с.

В книге рассказывается о науке астрономии и ее достижениях с древнейших времен до наших дней. Даны важнейшие сведения о Солнечной системе, звездах, галактиках и других объектах Вселенной. Показаны современные методы космических наблюдений и исследований. Доступным языком объясняется смысл сложных явлений и терминов. Красочные иллюстрации сделают чтение более увлекательным, указатель поможет быстро найти нужную информацию.

Книга предназначена для школьников, их родителей и всех интересующихся астрономией.

ISBN 978-5-353-03857-3

УДК 087.5

ББК 22.6

© ЗАО «РОСМЭН-ПРЕСС», 2009

СОДЕРЖАНИЕ



ЧЕЛОВЕК И ВСЕЛЕННАЯ

Наука о Вселенной	6
Астрономия Древнего мира	8
Астрономия Средневековья	12
Революция в астрономии	14
Астрономия Нового времени ...	16
Теория относительности и квантовая теория	18
Четыре «кита» современной физики	20
Как исследуют Вселенную?	22
Как наблюдают с помощью телескопа?	24
Всеволновая астрономия	26
Радиоастрономия	28
Освоение космоса	30
Жизнь во Вселенной.....	34

ЧТО МОЖНО ВИДЕТЬ НА НЕБЕ?

Звезды и светила	40
Созвездия	42
Звездное небо разных сезонов	46
Зодиак.....	54
Небесные координаты	58
Видимое движение Солнца.....	62
Движение и фазы Луны	64
Видимое движение планет.....	66
Солнечные и лунные затмения.....	68
Измерение времени	70
Календарь.....	72
Любительская астрономия	74

СОЛНЦЕ И СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

Солнечная система	80
Звезда по имени Солнце.....	82
Солнечная атмосфера	86
«Спокойное Солнце»	88
Солнечно-земные связи	90
Меркурий	92
Венера	94
Земля	96
Луна	100
Марс.....	102
Юпитер.....	104
Сатурн.....	106
Уран	108
Нептун.....	110
Плутон и другие карликовые планеты	112
Малые тела Солнечной системы	114
Кометы	116
Метеоры	120
Астероиды	122
Метеориты.....	124
Как возникла Солнечная система?	126

ЗВЕЗДЫ

Многообразный мир звезд	130
Расстояния до звезд	132
Какие бывают звезды?.....	134
Классификация звезд	138

Двойные и кратные звезды....	140
Планеты у других звезд.....	144
Переменные звезды	146
Странные звезды	150
Как обнаружили странные звезды?	154
Взрывающиеся звезды.....	156
Как долго живут звезды?	158
Образование и эволюция звезд	160
Звездные скопления	162
Межзвездная среда и туманности.....	164

МИР ГАЛАКТИК

Галактика — наш звездный дом.....	170
Как устроена наша Галактика?.....	172
Соседи нашей Галактики	176
Какие бывают галактики?	178
Взаимодействующие галактики.....	180
Галактики-карлики	182
Загадка скрытой массы галактик	184
Ядра галактик и квазары	186
Метагалактика	188
Расширение Вселенной.....	190
Приложение.....	192
Именной указатель.....	193
Предметный указатель.....	194



Человек и Вселенная

Звездное небо и космические дали с древности притягивали взоры людей. В данном разделе вы прочитаете о том, как зародилась и развивалась наука о Вселенной — астрономия. Познакомитесь со знаменитыми астрономами и их открытиями. Узнаете, как работает телескоп, что такое спектральный анализ, фотометрия, радиолокация и т. д. А еще сможете порассуждать о полетах в космос, космических аппаратах, межпланетных станциях. И, наконец, о загадке, волнующей многих: есть ли жизнь за пределами нашей планеты?

6 Наука о Вселенной

Название науки «астрономия» произошло от двух греческих слов: «астрон» — «звезда» и «номос» — «закон». Под звездой в те времена понималось любое небесное светило, поэтому астрономия занималась всем, что можно наблюдать на дневном и ночном ясном небе. Сегодня астрономия — одна из естественных наук физико-математического цикла. Она имеет свой предмет исследования, называемый «Вселенная», и изучает физические процессы, протекающие за пределами земной атмосферы.



Зеркальный секстант, созданный в XIX в.

Первые шаги

Во все времена люди стремились понять окружающий мир, узнать, какое место занимают в нем Земля и человек, найти объяснение всему, что происходит вокруг. Глядя на небо, они задумывались о таинственных космических далях и недостижимых мирах. Постепенно накапливались наблюдательные данные об изменениях положения звезд, Солнца, Луны; отмечались и описывались редкие события — затмения, вспышки звезд, появление комет. Ко всему, что происходило на небе, тогда относились как к божественным письмам. По мнению древних людей, уметь читать эти послания и истолковать их значило предсказывать будущее.

Долгое время астрономические знания были привилегией очень узкой группы людей. Тем не менее результаты наблюдений служили всем: по ним определяли наступление сроков сельскохозяйственных работ, составляли календари. По небесным светилам ориентировались на суше и на море те, кто отправлялся в дальние походы.



На древней китайской монете видна фигура ковша, образуемая яркими звездами созвездия Большая Медведица

Достижения эпох

История астрономии неотделима от истории цивилизации. Было время, когда люди наблюдали небесные тела только невооруженным глазом. Развалины древних обсерваторий (а их строили даже в каменном веке) сохранились в разных странах. Первые астрономические приборы были предназначены для визуального измерения углов между различными направлениями на небе.



Астроном Галилео Галилей первым использовал телескоп для наблюдения планет и других небесных тел

С помощью современных приемников излучения ученые могут узнавать скорости приближения или удаления тел, оценивать химический состав источников света, плотность и температуру излучающей среды. Прогресс астрономии как науки в ближайшие десятилетия, по-видимому, будет связан с наблюдениями электромагнитного излучения небесных тел, в том числе излучения в оптическом диапазоне (доступном наземным телескопам), а также в инфракрасных лучах, которые слабо поглощаются межзвездной пылью.

С XVII в. астрономия стала телескопической, это существенно подтолкнуло ее развитие. XVIII и XIX вв. были триумфом небесной механики: астрономы смогли объяснить, почему движение Солнца, Луны и планет происходит так, а не иначе; научились теоретически рассчитывать сложные траектории движения небесных тел и даже открыли новую планету — Нептун. Появившиеся затем более совершенные телескопы позволили обнаружить неизвестные ранее космические объекты, например многочисленные туманности. В конце XIX в. был освоен метод спектрального анализа и возникло новое направление в астрономии — астрофизика.

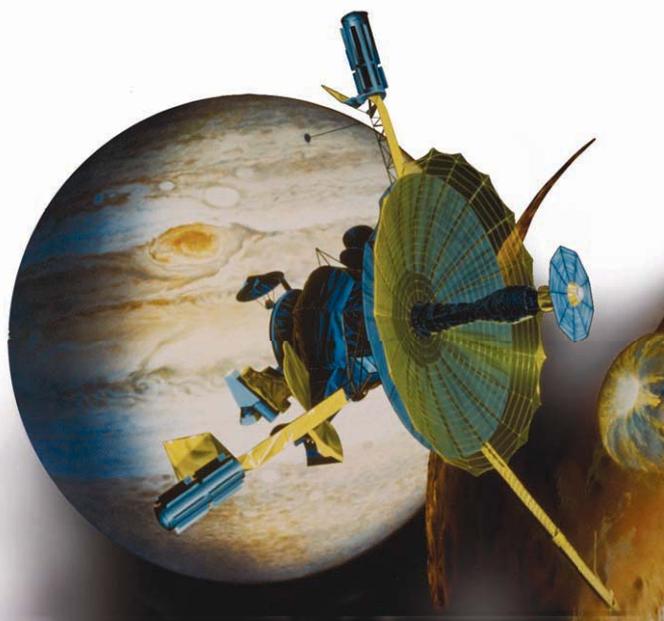
XX век дал возможность, опираясь на развитие теоретической и экспериментальной физики, изучать свойства и природу небесных объектов, удаленных от Земли на очень большие расстояния. Появившаяся космическая техника позволила приблизить научную аппаратуру к другим планетам, сделала доступным исследованию излучение, которое задерживается земной атмосферой. Развитие компьютерных технологий увеличило скорость и качество обработки результатов наблюдений, позволило создавать модели космических объектов и явлений.

Что такое Вселенная?

Старославянское слово «вселенная» означает место, населенное людьми, «вселёнными» туда Богом. Раньше мир для людей ограничивался сферой неба вокруг Земли. Сейчас границы материального мира, доступного исследованиям, раздвинуты так далеко, что оттуда даже свет идет миллиарды лет. Конечно, ночное небо выглядит сегодня так же, как и тысячи лет назад. Но мы его воспринимаем совсем иначе, чем наши предки. В современном понимании Вселенная — это тот материальный мир, который доступен наблюдениям и теоретическому осмыслению.

Порой кажется, что увидеть Вселенную очень просто — надо только в ясную ночь посмотреть на небо. Но это не совсем так. Над горизонтом можно увидеть лишь не более 3 тыс. звезд, а их только в нашей Галактике триллионы! И таких галактик с помощью больших телескопов можно увидеть огромное количество. Пространство, доступное наблюдениям, постоянно расширяется. Но это все равно не весь мир, существующий вне нас и независимо от нас.

↓ Американская автоматическая межпланетная станция «Галилей» 8 лет (до 2003 г.) работала на орбите Юпитера



Наблюдения небесных светил с самых древних времен играли особую роль в жизни людей, помогая им решать важные задачи, например определять сроки сельскохозяйственных работ или ориентироваться в открытом море. Осмысливая результаты наблюдений, люди пытались представить себе устройство мира. Уже древние цивилизации Египта и Месопотамии обладали развитыми системами астрономических знаний, но наибольшего расцвета астрономия достигла в Древней Греции.



Фараон поклоняется Солнцу. XIV в. до н. э.

Древний Египет

Цивилизация Древнего Египта возникла около 6 тыс. лет назад на берегах самой протяженной реки Земли — Нила. Египтяне стали одним из первых народов, у которых появились письменность, литература, наука и искусство.

В Египте и сейчас великолепные условия для астрономических наблюдений: днем небо ясное и безоблачное, а ночью усеяно сверкающими звездами. Древнеегипетские жрецы-астрономы объединили звезды в созвездия, получившие имена животных, фигуры которых они напоминали: Бык, Скорпион, Гиппопотам, Крокодил и др. Списки созвездий помещались на саркофагах правителей. Были составлены первые карты звездного неба.

Египтяне изобрели солнечные часы, важнейшим элементом которых служили обелиски, посвященные солнечному богу Ра. Вертикально поставленный столб-obelisk называется гномон. Он отбрасывает тень на циферблат, позволяющий узнать время. Тень от гномона также служит компасом: в полдень она указывает направление на север. На протяжении года полуденная высота Солнца непостоянна, поэтому меняется и длина тени от гномона. По длине полуденной тени можно определить наступление солнцестояний и равноденствий.

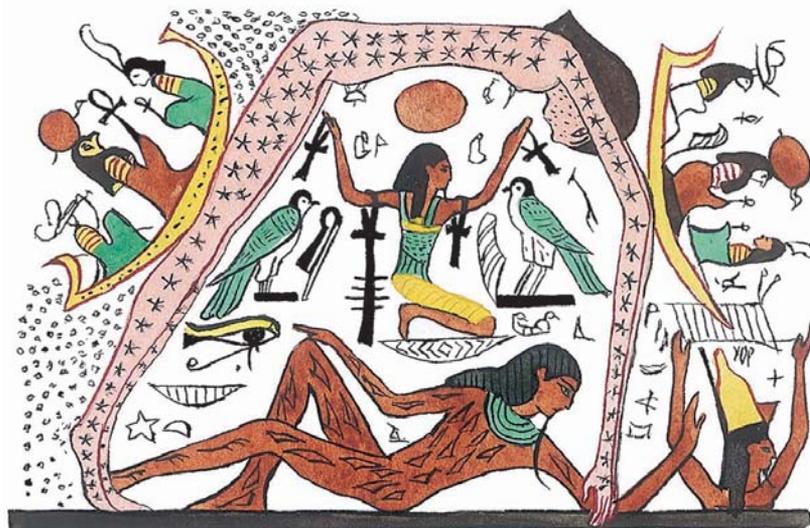
Египетский солнечный календарь стал основой для всех дальнейших солнечных календарей. Не случайно римский император Юлий Цезарь для реформы календаря пригласил ученого Созигена из Египта.



Гномон —
самые древние
солнечные часы



Устройство мира
в представлении
древних египтян



Месопотамия

В плодородной Месопотамии в области рек Тигр и Евфрат на протяжении веков сменяли друг друга разные цивилизации: шумерская, аккадская, вавилонская.

Шумеры, а потом и аккадцы еще за тысячи лет до нашей эры изобрели меры длины и веса, использовали солнечные часы, наблюдали планеты и умели делить время на годы, месяцы, недели, дни и часы. Астрономическими обсерваториями служили башни-зиккураты. С них жрецы из года в год вели наблюдения за движением небесных светил, отмечали солнечные затмения.

К концу 2 тыс. до н. э. большинство ярких звезд были объединены в 70 созвездий. Частично рисунок месопотамских созвездий совпадает с рисунком современных — Близнецы, Рак, Лев, Весы, Скорпион и др. В серии клинописных текстов «Муль Апик» («Звезда Плуг») есть список 18 «созвездий на пути Луны» — прообраз зодиака.



Зиккурат служил для поклонения богам

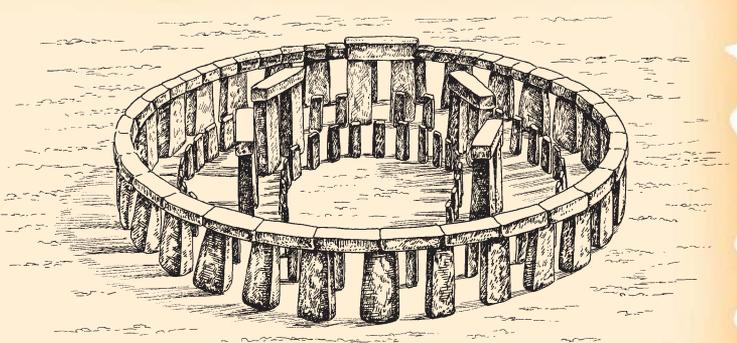


Глиняная табличка с научными текстами, найденная в библиотеке ассирийского царя Ашшурбанипала

Вавилонские жрецы ввели понятие эклиптики — видимого годового пути Солнца по небесной сфере. Эклиптика была разделена на 12 равных частей по 30° каждая. Эклиптика служила шкалой для определения положений Солнца, Луны и планет.

В 626—538 гг. до н. э. в Вавилоне правила халдейская династия. Халдейские жрецы создали карты звездного неба и календарь. Они обогатили астрономию замечательным открытием, определив порядок повторения затмений. Затмения возобновляются через 18 лет и 11 дней, этот период получил название «сарос». Жрецы использовали знание о данном цикле для предсказания затмений. Существует вавилонская запись о наблюдении затмения Солнца, которое произошло 15 июня 763 г. до н. э., а также о полном солнечном затмении в Месопотамии 18 мая 602 г. до н. э.

Всемирно известное грандиозное сооружение каменного века — Стоунхендж, расположенный в Англии, в 130 км от Лондона. Ученые считают его грандиозной древней обсерваторией. Планировка камней, валов и лунок комплекса соответствует современным астрономическим, физическим и математическим знаниям.



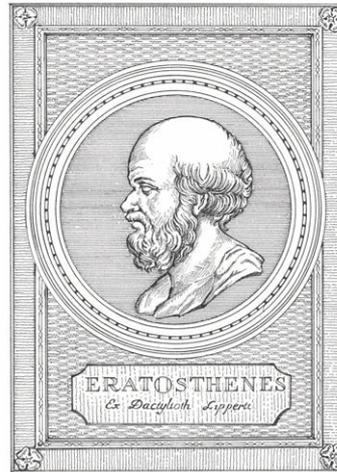
Вселенная Аристотеля

Древняя Греция (Эллада) стала первым великим европейским центром науки и культуры. Греческие астрономы-философы проявляли необычайный интерес к устройству Вселенной, ее возникновению и судьбе. Вселенную они называли «космос».

Крупнейший ученый античности Аристотель (384—322 до н. э.) жил в Афинах. Сочинения Аристотеля охватывают почти все современные ему области знания. Астрономические вопросы изложены в его трудах «О небе» и «Метеорология». Ученый считал, что Луна и другие планеты по форме шарообразны, ибо шар — совершенная фигура, а в космосе должна царить красота. О том, что Земля тоже шар, он судил по ее округлой тени на Луне во время лунного затмения. Аристотель стал основоположником геоцентрической системы мира (от греч. «ге» — «Земля»). Суть его учения заключалась в следующем. Вокруг неподвижной Земли расположены восемь небесных сфер, приводимых в движение «первым двигателем». На семи прозрачных сферах находятся пять планет (Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн), а также Солнце и Луна — каждое светило на своей сфере. Восьмой же сферой, где помещены неподвижные звезды, ограничивается материальный мир.



† Аристотель — великий мыслитель древности

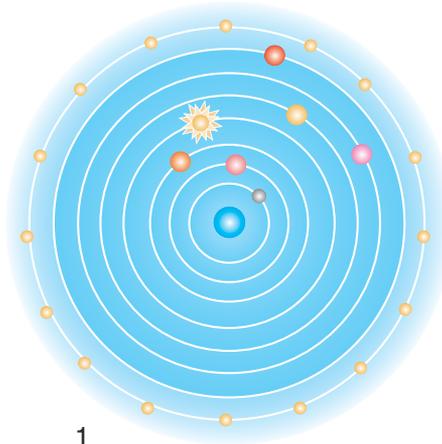


† Из сочинений Эратосфена по астрономии до нас дошло одно — «Катастеризмы», в нем перечислены все известные тогда звезды и созвездия

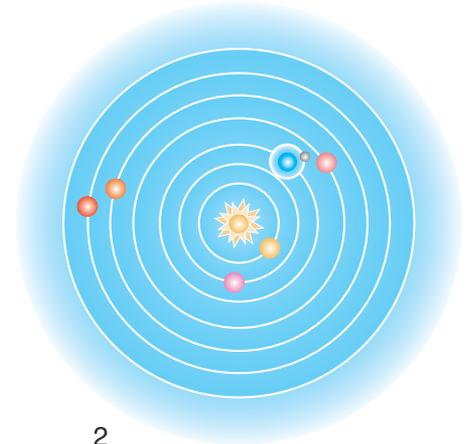
Александрийские ученые

После завоевания в IV в. до н. э. Александром Македонским обширных территорий от Египта до Индии наступил период эллинизма. В это время центром научного мира стал город Александрия в дельте Нила. Здесь возникло удивительное учреждение — Мусейон (храм муз). В нем располагалась знаменитая Александрийская библиотека, в которой было свыше полумиллиона рукописей. Одним из хранителей Александрийской библиотеки был географ Эратосфен (ок. 276—194 до н. э.). Кроме географического описания всего известного тогда мира он первым определил размеры земного шара и был в этом очень близок к истине!

Аристарх Самосский (ок. 310—230 до н. э.) в сочинении «О размерах и расстоя-



1



2

† Схематичное изображение двух разных систем устройства мира: 1 — геоцентрическая; 2 — гелиоцентрическая

ниях Солнца и Луны» сделал вывод, что Солнце по объему в 250 раз больше Земли. Следовательно, не Земля, а именно Солнце должно быть в центре мира, Земля же движется вокруг Солнца. Аристарх предложил первую в истории астрономии гелиоцентрическую (от греч. «гелиос» — «Солнце») модель мира. Эти смелые мысли об устройстве мира не были приняты в те времена.

Система Птолемея

Геоцентрическую систему мира усовершенствовал великий астроном Клавдий Птолемей (ок. 90 — ок. 160 н. э.). Большая часть его жизни прошла в Александрии. В течение 15 лет он проводил астрономические наблюдения с помощью созданных им самим угломерных инструментов: астролябии, армиллы, трикветрума и др. Используя эти приборы, Птолемей определил небесные координаты 1022 звезд, дополнив созданный до него каталог звезд Гиппарха.

На основании своих (а также более ранних) наблюдений неба Птолемей построил теорию движения Солнца, Луны и планет. Его главное сочинение по астрономии называется «Великое математическое построение астрономии в тринадцати книгах». Сокращенно по-гречески оно называется «Мегале синтаксис», что значит «Великое построение». Арабский перевод сочинения Птолемея известен под названием «Альмагест».

В основе системы мира Птолемея лежат четыре главных допущения: 1) Земля находится в центре Вселенной; 2) Земля непод-



† Система мира по Клавдию Птолемею.
Гравюра из атласа А. Целлариуса. XVII в.

вижна; 3) все небесные тела движутся вокруг Земли по кругам; 4) движения небесных тел по кругу происходят с постоянной скоростью, т. е. равномерны. Видимое петлеобразное движение планет Птолемей объяснил с помощью введения комбинации круговых движений. Упрощенно это представляется так. Планеты движутся вокруг Земли равномерно по кругам — эпициклам, центры которых в свою очередь движутся по другим кругам — деферентам. Солнце и Луна перемещаются вокруг Земли по деферентам (без эпициклов). Деференты Солнца и Луны, а также деференты и эпициклы планет лежат внутри сферы, на поверхности которой расположены неподвижные звезды. Система Птолемея позволяла предвычислять положения планет на любую дату.



Своими трудами прославился древнегреческий астроном Гиппарх (II в. до н. э.). Его каталог звезд, древнейший из сохранившихся до нашего времени, служил многим поколениям ученых. Именно Гиппарх ввел понятие «звездная величина». Самые яркие звезды он назвал звездами 1-й величины, а самые слабые, видимые невооруженным глазом, — звездами 6-й величины.

Переход от античности к Средневековью в Европе сопровождался упадком науки и культуры. Уровень грамотности резко снизился, школы были лишь при монастырях, а обучение шло на латинском языке. Астрономию использовали только для вычисления времени Пасхи и других религиозных праздников. Многие результаты научных трудов трактовались как проявление язычества, а ученые подвергались преследованиям. Лишь арабы сохраняли и приумножали достижения астрономов древности.



Средневековые монахи-астрономы. Миниатюра

Арабская астрономия

Арабы появились на арене мировой истории в VII в. Завоевав много стран, они столкнулись с более высокой культурой покоренных народов. Однако арабы не разрушили ее, а восприняли и развили. По греческим образцам они делали астрономические угломерные инструменты, проводили измерения, составили новые таблицы (зиджи) для Солнца, Луны и планет, а также новые каталоги звезд.

Выдающимся арабским ученым был Абу Рейхан Мухаммед ибн Ахмед аль-Бируни (973 — ок. 1050) родом из Хорезма. Он написал свыше 150 трудов по астрономии, физике, математике, географии и другим наукам. Для астрономических наблюдений Бируни построил большой стеной угломерный прибор — квадрант с радиусом дуги 7,5 м и с его помощью отмечал координаты звезд и планет с точностью до 2' (угловых минут). Бируни измерил наклон эклиптики к экватору, уточнил величину прецессии, оценил расстояние от Земли до Луны, определил радиус Земли. Полученные им результаты близки к современным значениям.

Арабская астрономия внесла огромный вклад в развитие науки. Отголоски этого периода — арабские астрономические термины: зенит, надир, альмукуантарат, альманах и др. Имена звезд — Альдебаран, Альтаир, Бетельгейзе, Ригель, Вега и др. — имеют арабское происхождение.

Средневековая картина мира

Представления об устройстве мира в эпоху Средневековья были довольно примитивные. Например, «ученый»-монах Козьма Индикоплов в своем сочинении «Христианская топография», вышедшем в 535 г., изобразил слегка выпуклую Землю, напоминающую гору, накрытую прозрачным колпаком. Планеты у него двигались по кругам при помощи ангелов, а Солнце ночью пряталось за высокой горой, стоящей на севере. Авторитет подобных сочинений держался веками.

Со временем (XII—XIII вв.) христианские богословы изменили отношение к «языческой» системе мира Аристотеля и Птолемея. Европейские купцы привозили из стран Ближнего Востока сохранившиеся там древнегреческие рукописи.



Секстантом мерили высоту светил над горизонтом



Арабская астролябия для определения положения звезд



Правитель Самарканда, внук полководца Тамерлана, Улугбек (1394–1449) покровительствовал ученым, строил медресе (мусульманские школы) в Бухаре, Самарканде, Гиждуване. Самое значительное достижение Улугбека — создание в Самарканде большой обсерватории для определения координат звезд и составления новых планетных таблиц.



↑ Модель мира с Землей в центре Вселенной

Ренессанс — заря новой эпохи

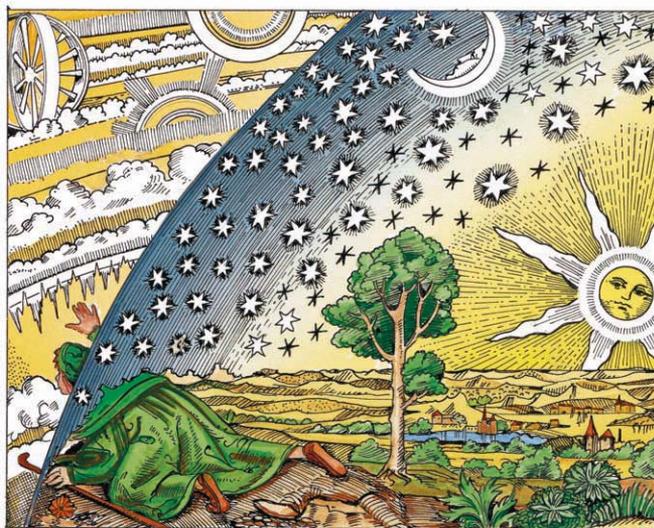
Период возврата к наследию античности получил название Ренессанс (от фр. «возрождение»). Возрождение было во всем: науке, философии, литературе, искусстве. Эпоха Ренессанса приходится на XIV–XVI вв. В этот период стала востребованной практическая астрономия: частые и дальние морские путешествия требовали надежных способов ориентирования.

Самым известным в то время был трактат «Сфера Мунди» («Сфера Вселенной») Джона Галифакса (ум. в 1256 г. в Париже), который писал под псевдонимом Иоганн Сакробоско. Это сочинение о небесной сфере и явлениях, происходящих вследствие ее суточного вращения. Книга пользовалась популярностью четыре столетия.

Живший в Вене астроном и математик Георг Пурбах (1423–1461) первым в Западной Европе изложил птолемеевскую теорию эпициклов в своей книге «Новая теория планет». Его учеником был Иоганн Мюллер (1436–1476) из Кёнигсберга. В астрономической литературе, которая издавалась на латыни, он известен как Региомонтан. Эти ученые провели много наблюдений затмений и комет, определили солнечные высоты в разное время года.

После смерти Пурбаха Региомонтан поселился в городе Нюрнберге. Он основал типографию для печатания таблиц, чертежей и календарей к астрономическим книгам.

Здесь он издал свой труд «Эфемериды», где привел расчеты положений Солнца, Луны и планет на 32 года вперед (с 1475 по 1506 г.). В «Эфемеридах», кроме того, содержались астрономические сведения. Региомонтан изобрел метод «лунных расстояний» для определения долготы и широты на море, основанный на измерении угловых расстояний между Луной и специально подобранными опорными звездами. Он также построил точные приборы для измерения углов между светилами — трикветрум Региомонтана и посох Якова. Мореплавателям оченьгодились эти инструменты, а также таблицы Региомонтана. Их использовали для определения координат корабля и исчисления пройденного пути.



↑ Иллюстрация средневековых представлений: человек заглядывает за край Земли

Расцвет культуры и науки в эпоху Возрождения затронул и астрономию. Главным достижением стало революционное преобразование великого польского астронома Н. Коперника, заменившего геоцентрическую модель мира более совершенной гелиоцентрической. Прогресс коснулся как наблюдательной стороны (создание высокоточных инструментов Т. Браге, изобретение телескопа), так и теоретических исследований (открытия Г. Галилея, законы движения планет И. Кеплера).



Гелиоцентрическая система мира

Коперник

Ученый и мыслитель Николай Коперник (1473—1543) открыл Землю как планету. На пьедестале его памятника в Варшаве есть слова: «Остановивший Солнце, сдвинувший Землю». Появление учения Коперника стало величайшим событием XVI в.

Система мира, разработанная Коперником, называется гелиоцентрической. Основу ее составляют следующие утверждения: 1) в центре мира находится Солнце, а не Земля; 2) шарообразная Земля и все планеты движутся вокруг Солнца в одном направлении и вращаются вокруг своей оси; 3) пути планет вокруг Солнца круговые; 4) скорости движения планет постоянны, т. е. их движения равномерны, однако, чем ближе орбита

к Солнцу, тем больше линейная скорость движения планеты по орбите, и наоборот. Луна движется вокруг Земли и вместе с ней вокруг Солнца.

Коперник обосновал учение о нашей Земле как об обычной планете. Она является небесным телом, следовательно, никакой принципиальной разницы между земным и небесным не существует. Этим ученый нанес сокрушительный удар средневековой философии. В 1616 г. сочинение Коперника было отмечено в папском «Индексе» книг, не рекомендованных для чтения католикам.

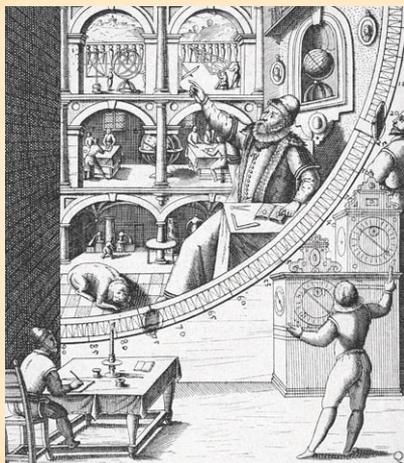
Галилей

Итальянский ученый Галилео Галилей (1564—1642) был физиком, механиком, астрономом. Проведя множество опытов, он изучил законы падения тел и движения их под углом к горизонту, определил зависимость периода колебания маятника от его длины, выдвинул идею об относительности движения.

В 1609 г. Галилей сконструировал зрительную трубу с двумя стеклянными линзами — плоско-выпуклым объективом и плоско-вогнутым окуляром. Труба давала прямое мнимое изображение предмета с увеличением в три раза. Потом он построил вторую трубу с увеличением в 32 раза и использовал этот инструмент для наблюдения неба. Ученый впервые увидел то, что раньше не было доступно человеческому глазу: что



† Я. Матейко. «Астроном Коперник, или Разговор с Богом». 1872 г.



Наблюдениями небесных светил прославился датский астроном Тихо Браге (1546–1601). Браге создал такие инструменты, что точность его наблюдений была исключительной. Среди них, например, был квадрант с радиусом дуги 2 м. Наиболее важными для последующего развития науки оказались измерения положения Марса, которые в обсерватории Браге шли непрерывно 16 лет. Эти данные позволили Кеплеру открыть законы движения планет. Браге предложил свою систему мира, по которой планеты движутся вокруг Солнца, но само Солнце с планетами обращается вокруг Земли.



❖ Телескопы, созданные Галилео Галилеем, — небольшие свинцовые трубки, обмотанные бумагой и шерстью. Они хранятся во Флорентийском музее в Италии

на Луне есть горы и равнины, что Юпитер имеет четыре спутника, что Млечный Путь состоит из громадного количества звезд, что Венера меняет фазы подобно Луне (такое может быть только при ее движении вокруг Солнца), что на Солнце есть пятна.

Таким образом, Галилей подтвердил правильность учения Коперника. Свои открытия он описал в книге «Звездный вестник». В 1633 г. Галилей был предан суду инквизиции и приговорен к пожизненному тюремному заключению. Ему было обещано смягчение наказания в случае публичного отречения от «коперниканской ереси». Престарелый ученый подписал отречение, оставшись внутренне убежденным в своей научной правоте.

Кеплер

Немецкого астронома Иоганна Кеплера (1571–1630) называют «законодателем неба», он впервые сформулировал законы движения планет. Обработав результаты многолетних наблюдений Марса в обсерватории Тихо Браге, Кеплер убедился, что наилучшим образом они объясняются, если предположить, что Марс движется вокруг Солнца не по окружности, а по эллипсу и что скорость его движения непостоянна. Оказалось, что все другие планеты и Луна движутся подобным образом. Кроме того, более близкие к Солнцу планеты движутся быстрее, а более далекие — медленнее. Так Кеплер сформулировал три закона движения планет.



❖ Ученый Иоганн Кеплер кроме астрономии занимался математикой, оптикой, астрологией

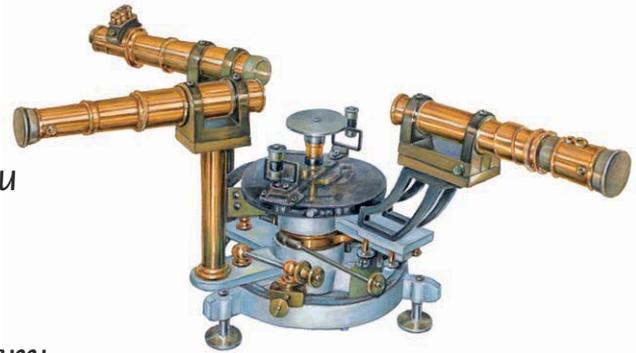
Развитие астрономии в Новое время в значительной мере определили достижения в областях знания, связанных с физикой. Успехи механики после открытий И. Ньютона и П. С. Лапласа позволили решить сложные задачи движения тел в Солнечной системе, а также обнаружить в ней новые космические объекты. Затем наступила эра астрофизики, когда для изучения устройства Вселенной стали применять физические методы исследования (фотографию, спектральный анализ и т. п.).

Механистическая картина мира

Основоположник современного естествознания — английский физик, астроном и математик Исаак Ньютон (1643—1727). Если Кеплер открыл законы движения планет, то Ньютон установил причину, по которой планеты обращаются вокруг Солнца. Труд Ньютона «Математические начала натуральной философии» был издан в 1687 г. В нем сформулированы три закона механики: закон инерции, закон изменения импульса тела пропорционально приложенной силе и закон равенства действия и противодействия; а также закон всемирного тяготения. В 1668 г. Ньютон изобрел и построил зеркальный телескоп. Для объектива вместо линзы он использовал вогнутое сферическое зеркало.



В 1671 г. Исаак Ньютон создал свой второй зеркальный телескоп, он был еще больших размеров и лучшего качества, чем первый



Спектроскоп, изобретенный в XIX в., позволил наблюдать спектры излучения звезд

Небесная механика развивалась в работах французского астронома, математика и физика Пьера Симона Лапласа (1749—1827) и трудах других ученых. Результатом исследований стала возможность по координатам любого небесного тела в три разных момента времени рассчитать его орбиту. Астрономия стала наукой, в которой предвидение основано на знаниях — вычислении взаимодействия небесных тел.

Звезды раскрывают свои тайны

Немалый интерес представляет история открытия планет. Военный музыкант Вильям Гершель (1738—1822) однажды прочитал книгу «Система оптики» Р. Смита. Он страстно захотел увидеть небесные светила. Денег на телескоп у него не было, тогда он сделал его сам. Впоследствии Гершель стал строить все большие и большие по размерам телескопы. В 1781 г., рассматривая звезды в созвездии Близнецов, Гершель увидел необычную звезду, у которой просматривался диск. Оказалось, что этот объект медленно перемещается среди звезд. Гершель решил, что открыл комету. Через несколько месяцев Андрей Иванович Лексель (1740—1784) в Петербурге и Пьер Симон Лаплас в Париже рассчитали орбиту нового небесного тела. Выяснилось, что это не комета, а планета! Удивительным было то, что она отстояла от

Солнца почти на 3 млрд. км, что расширило границы Солнечной системы почти вдвое. Новой планете дали имя Уран, сохранив мифологический смысл: по расстоянию от Солнца Юпитер, Сатурн и Уран шли в порядке поколений: сын, отец и дед.

После открытия новую планету тщательно наблюдали, вычисляя параметры ее орбиты. Ученых удивило, что результаты вычислений стали давать расхождение с истинным положением Урана на небе. Было высказано мнение, что в Солнечной системе есть еще одна планета, притяжение которой не было учтено. Эта неизвестная планета то ускоряет, то замедляет движение Урана. Ее положение следовало определить. За вычисления взялся французский астроном и математик Урбен Леверье (1811–1877). В 1846 г. он указал место на небе, где нужно искать новую планету. В итоге она была обнаружена в берлинской обсерватории, где составля-

.....✦

Телескоп Гершеля, с помощью которого он открыл Уран. Гершель предложил назвать новую планету звездой Георга в честь короля Англии Георга III



Изучение мира звезд началось с наблюдения Галилеем Млечного Пути. Он писал: «Млечный Путь есть не что иное, как масса бесчисленных звезд, собранных в скопления». Создателем звездной астрономии называют В. Гершеля. Он занимался звездной статистикой и подсчитывал число звезд, видимых в телескоп на отдельных участках неба. Гершель хотел понять, какую форму и размеры имеет звездная система. Итогом подсчетов стал гигантский звездный диск.



✦ Пulkовская обсерватория была построена под Санкт-Петербургом в 1839 г.

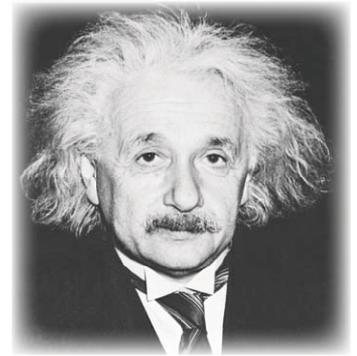
лись подробнейшие для того времени карты звездного неба. Планету назвали Нептуном, по имени морского бога.

История открытия Плутона похожа на историю открытия Нептуна. Однако на этот раз поиски «планеты икс» затянулись до 1930 г.

К середине XIX в. астрономы стали применять фотографию. Были созданы специальные фотографические телескопы — астрографы. Первыми астрономами, применившими фотографию, были У. К. Бонд, Г. Дрейер, Л. Розерфорд в США, братья Анри во Франции, У. де ла Рю в Англии. В 1859–1862 гг. в Германии физик Густав Кирхгоф (1824–1887) и химик Роберт Бунзен (1811–1899) разработали метод спектрального анализа. Появилась возможность изучать спектры звезд и получать сведения об их химическом составе, температуре, давлении, вращении, движении по лучу зрения и т. д.

Теория относительности и квантовая теория

В начале XX в. устоявшаяся картина мира претерпела существенные изменения. Оказалось, что пространство и время не существуют независимо друг от друга. Новую революцию в естествознании принято связывать с именем Альберта Эйнштейна (1879—1955). Эйнштейн обобщил теорию тяготения И. Ньютона и сформулировал общую теорию относительности (ОТО). Правильность представлений ОТО о тяготении стала подтверждаться уже вскоре после ее создания.



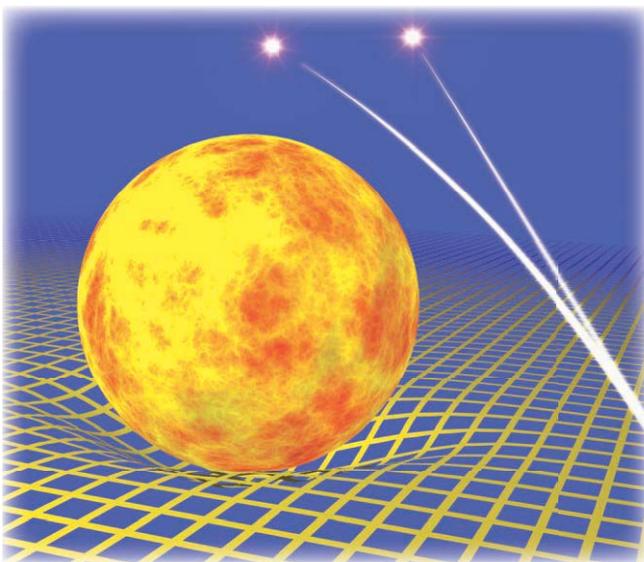
А. Эйнштейн — крупнейший физик-теоретик

Революция Эйнштейна

Согласно общей теории относительности, любая форма материи и ее движение являются источником гравитации, которая трактуется как «искривление» пространства-времени. В основе теории лежат следующие физические законы и принципы: принцип общей относительности (все фундаментальные законы физики всегда одинаковы в любых системах отсчета и должны одинаково действовать везде во Вселенной); принцип постоянства скорости света (в вакууме) в любых системах отсчета; принцип эквивалентности (никакими экспериментами не-

возможно отличить поведение тел в системе отсчета, движущейся с ускорением, от их нахождения в однородном поле тяжести).

Предсказания теории относительности начали подтверждаться почти сразу же после ее появления. В 1919 г. английский астрофизик Артур Стэнли Эддингтон (1882—1944) наблюдал отклонения лучей света звезд в поле тяготения Солнца, которые можно измерить, только когда свет Солнца не мешает видеть звезды рядом с ним, т. е. во время полного солнечного затмения. Угол отклонения вблизи солнечного диска оказался равным около 2" (угловых секунд).

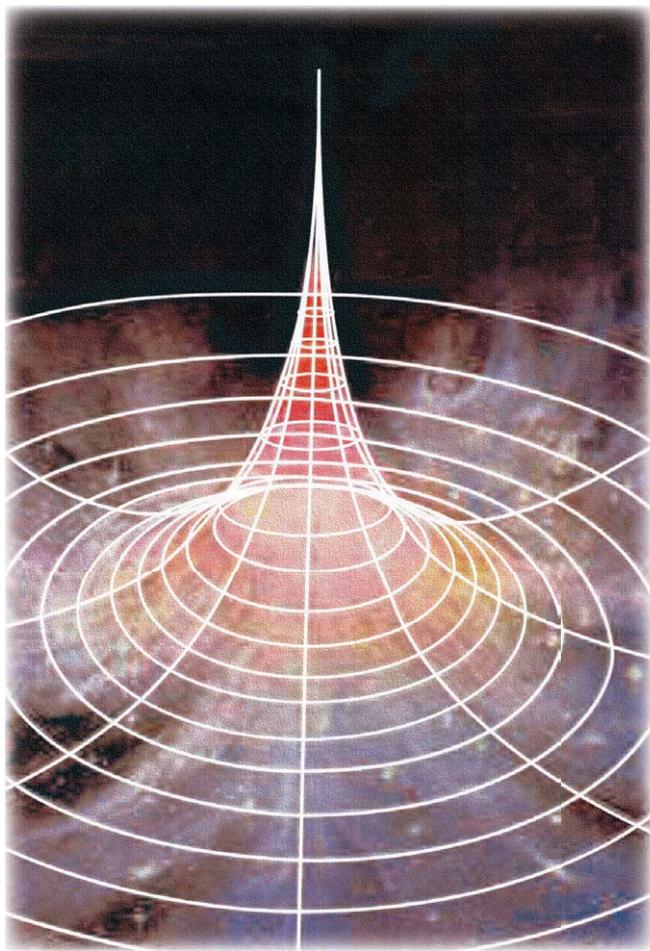


† Схема отклонения луча света от далекой звезды в поле тяготения Солнца

На основе теории относительности доказано существование гравитационных волн — малых возмущений пространства-времени, распространяющихся со скоростью света. Они столь слабы, что значительную мощность излучения могут создавать лишь космические тела больших (звездных) масс, движущиеся с околосветовыми скоростями. Такие звезды обнаружены среди двойных нейтронных звезд. Из-за того что гравитационные волны уносят энергию, период обращения таких звезд друг вокруг друга должен постоянно уменьшаться.

Изменения Вселенной

Теория относительности привела к пересмотру самой картины мира и позволила сделать выводы о том, как развивалась и будет развиваться наша Вселенная. Еще в начале 20-х гг. XX в. выдающийся советский математик и геофизик Александр Александрович Фридман (1888—1925), анализируя уравнения Эйнштейна, показал, что наша Вселенная нестационарна. Это означает, что расстояние между любыми удаленными объектами, не связанными гравитационно (например, удаленными галактиками), должно непрерывно изменяться во времени. Этот революционный вывод вскоре подтвердил американский астроном Эдвин Хаббл (1889—1953) результатами наблюдений красных смещений в спектрах далеких галактик.



↑ Схематическое изображение расширяющейся Вселенной — теории Большого взрыва



Эдвин Пауэлл Хаббл открыл для астрономии мир галактик; он предложил классификацию галактик и метод определения расстояний до них

Квантовая теория

Исследуя звезды и изучая ранние стадии расширения Вселенной, астрономы столкнулись с необычным состоянием вещества, которое нельзя понять и описать без использования квантовой теории и теории элементарных частиц. Элементарные частицы, такие, как электроны или протоны, сочетают в себе свойства и частиц, и волн.

Это положение впервые было выдвинуто в 1923 г. французским физиком Луи де Бройлем (1892—1987). Согласно этой гипотезе, любому телу можно сопоставить определенную длину волны, длина которой обратно пропорциональна его массе. Окружающий нас макромир «массивен», и длина волны, скажем, кастрюли, настолько мала, что ни мы сами, ни специальные приборы не в состоянии ее зафиксировать. А вот «предметы» микромира — протоны, нейтроны, электроны — уже нельзя рассматривать как обычные тела. Скажем, в некоторых экспериментах свет можно рассматривать как поток частиц, фотонов, а в других — как распространяющуюся электромагнитную волну.

Еще один важный вывод квантовой теории — принцип Паули, согласно которому в одном и том же квантово-механическом состоянии могут находиться не более двух электронов (протонов, нейтронов и других частиц). Именно принцип Паули позволил объяснить свойства белых карликов и нейтронных звезд. При небольших размерах они имеют чудовищную плотность вещества.

Четыре «кита» современной физики

Согласно одной из легенд древности, наш мир — это огромное плоское блюдо, которое держат на своей спине четыре кита. По мере развития науки выяснилось, что Земля — лишь одна из планет, а не весь мир; кроме того, она не плоскость, а шар. Мифологическим китам нечего стало держать, но концепция поиска «основ», на которых держится мироздание, никуда не исчезла. Четырех китов древности сегодня заменяет концепция четырех фундаментальных взаимодействий.

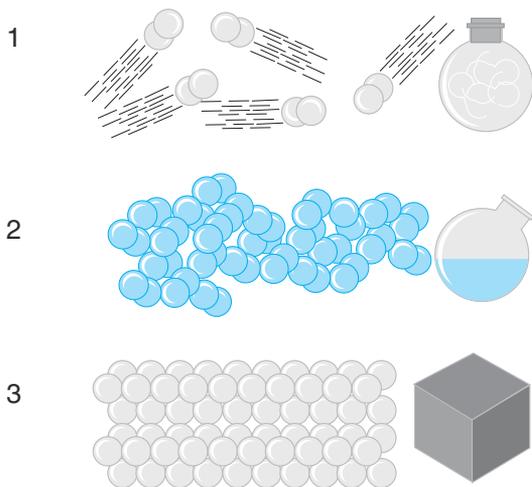


По одной из легенд мир держат на спинах три слона, стоящие на гигантской черепахе

Вещество и поля

Все, из чего состоит окружающий нас материальный мир, принято разделять на вещество и поля. Вещество — это молекулы, атомы, а также элементарные частицы, которые имеют определенную (не нулевую) массу в состоянии покоя (электроны, протоны, нейтроны и многие другие частицы). Из вещества состоят люди, а также планеты, звезды, галактики, разреженная газовая среда между ними и т. д.

Поля — это особые виды материи. Они не осязаемы, но также способны переносить энергию и взаимодействовать с частицами вещества. При определенных условиях



† Три фазовых состояния вещества:
1 — газообразное; 2 — жидкое; 3 — твердое

В настоящее время предпринимаются попытки создания единой теории фундаментальных взаимодействий, которая позволила бы объяснить их на одной основе. Успехи на этом направлении уже есть. Так, в 1967 г. была создана теория электрослабого взаимодействия, объединившая электромагнетизм и слабые взаимодействия. Сегодня разработаны модели, объединяющие все фундаментальные взаимодействия, за исключением гравитационного. Однако окончательно решить эту проблему предстоит физикам будущего.

поля могут рождаться этими частицами и в свою очередь рождать их. Примерами полей могут служить электромагнитные поля (электромагнитные колебания), к которым относятся и видимый свет, и рентгеновские лучи, и радиоволны. Почти вся информация об астрономических объектах получена благодаря приему испускаемых ими электромагнитных волн. Особое место в физике и астрономии занимает гравитационное поле: только гравитация (тяготение) присуща всем видам материи, без исключения, — и частицам, и полям.