

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ

Г. А. ГУРЕВ

СИСТЕМЫ МИРА

(ОТ ДРЕВНИХ ДО НЬЮТОНА)

Шифровано

Шифровано

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

Г. А. ГУРЕВ

СИСТЕМЫ МИРА

(ОТ ДРЕВНИХ ДО НЬЮТОНА)

71409340
52409
52409
ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

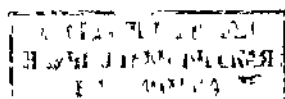


ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

Москва

1940

Ленинград



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ
под общей редакцией акад. С. И. Вавилова

Отв. редактор В. Г. Фесенков

Редактор Е. С. Лихтенштейн

Технический редактор П. А. Савельев

Корректор Л. М. Шпловцева

Сдано в набор 16/VII 1939 г. Подписано к печати 15/I 1940 г. Формат 60×92 $\frac{1}{16}$.
Объем 12 $\frac{3}{8}$ п. л. В 1 п. л. 48000 печ. зп. Тираж 5000 экз. Уполн. Главлита А-22845
РИСО № 1085 АНИ № 1272 Заказ № 808

Типография «Путь Октября», Москва.

„Наука потому и называется наукой, что она не признает фетишей, не боится поднять руку на отживающее, старое, и чутко прислушивается к голосу опыта, практики. Если бы дело обстояло иначе, у нас не было бы вообще науки, не было скажем астрономии, и мы все еще пробавлялись бы обветшалой системой Птолемея“.

И. СТАЛИН

Введение

ГЕОЦЕНТРИЗМ И РЕЛИГИЯ

Начало современной науки о вселенной положил великий астроном Николай Коперник (1473—1543). Его нередко называют человеком «остановившим Солнце и движущим Землю». Действительно, сущность его учения заключается в том, что планеты обращаются вокруг Солнца, а Земля есть одна из планет, которая вращается в течение суток вокруг оси и обращается в течение года вокруг Солнца. Это смелое представление о мире не только противоречило укоренившимся взглядам, но и отрицало то, что человек привык видеть ежедневно и поэтому казалось противным здравому смыслу. Если некоторые ученые еще допускали, что Земля вращается вокруг своей оси как волчок, то о том, что она как ядро летит в мировом пространстве и является лишь одним из небесных тел, об этом и думать не хотели, так как это казалось диким, бессмысленным.

Неудивительно поэтому, что Коперник долго не решался издать свою книгу «Об обращении небесных кругов». В течение десятилетий он открывал свои астрономические взгляды только ближайшим друзьям-ученым. Он понимал, что его учение о мире не только произведет великую революцию в астрономии, но и поколеблет самые основы существовавшего до него мировоззрения. Великое сочинение Коперника было напечатано лишь когда ученый уже лежал на смертном одре. Это было в 1543 г., как раз в то время, когда начала действовать «святая римская инквизиция» и был издан приказ о запрещении печатать, читать и продавать какие-либо книги, не одобренные «конгрегацией индекса», т. е. инквизиционной цензурой.

Коперник предвидел, что его представление о мире своей «новизной и кажущейся нелепостью» вызовет к нему

«почти презрение». Действительно, даже около ста лет спустя знаменитый философ Бэкон Веруламский (1561—1626) не хотел поверить, что наш земной шар подвижен и является лишь одной из планет. «Нет ничего бессмысленнее всех этих фантазий,—говорил он по поводу старых теорий движения планет,—но еще более нелепы представления о движении Земли».

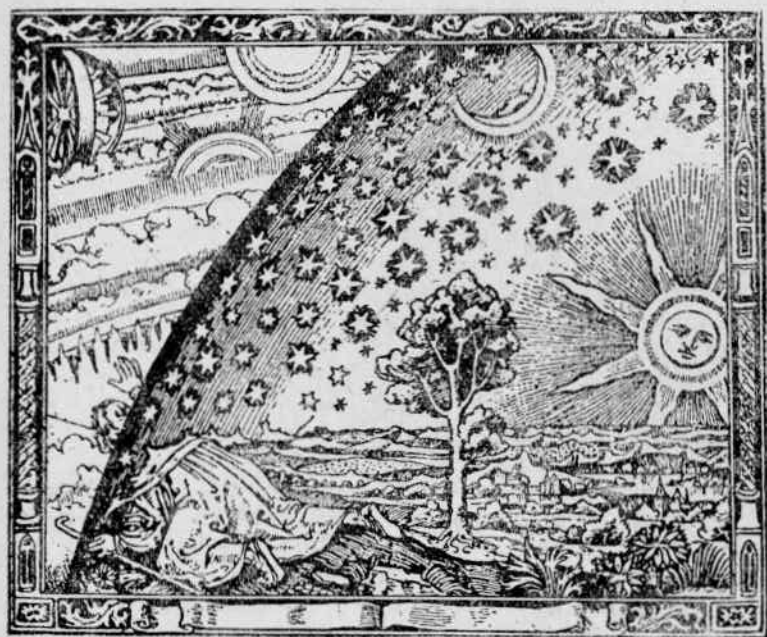
Благодаря учению Коперника наука о небе начала развиваться гигантскими шагами. Но особенно важно то, что новое учение о мире вышло далеко за пределы астрономии и произвело в течении человеческой мысли переворот, подобный которому трудно отыскать в истории. Новое учение нанесло смертельный удар религиозному мировоззрению и чрезвычайно высоко подняло авторитет науки, порвавшей с теологией, схоластикой и т. п. Энгельс, подчеркивая это обстоятельство, писал: «Революционным актом, которым естествознание заявило о своей независимости и как бы повторило лютеровское сожжение папской буллы, было издание бессмертного творения, в котором Коперник бросил—хотя и скромно и, так сказать, лишь на ложе смерти—перчатку церковному авторитету в естественных делах. Отсюда датирует освобождение естествознания от теологии, хотя выяснение отдельных взаимных претензий затянулось до нашего времени, не завершившись еще и теперь во многих головах».¹

Начавшееся под влиянием учения Коперника освобождение естествознания от «церковного авторитета» было революционным актом, далеко выходящим за пределы науки. Это затронуло весь освященный церковью строй средневековой жизни, весь «старый порядок», закоренившийся в однообразных, веками сложившихся (и поэтому казавшихся вечными и неизменными) формах. Стало очевидно, что если не верна библейская картина мира, т. е. церковная «астрономия», то можно сомневаться и в библейской общественной теории, в церковной «социологии», учащей о незыблемости экономического неравенства, крепостничества, эксплуатации и т. п. Поэтому церковь, как представительница средневекового, феодального строя, смотрела на учение Коперника как на ужасающую ересь, ведущую к настоящей революции, к «потрясению всех основ». Все реакционеры и мракобесы всячески старались опровергнуть коперникову астрономию.

Каковы же характерные особенности старого, защищавшегося церковью, представления о мире, которое было опровергнуто учением Коперника?

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Диалектика природы. Собр. соч., т. XIV, стр. 477.

Для верующих небо является местопребыванием бога и прочих сверхъестественных существ (ангелов и т. д.). Поэтому в религиозном мировоззрении вселенная мыслится состоящей из двух совершенно противоположных частей — подлунного мира и царства небесного. Средневековые богословы, отстаивая натурфилософский дуализм, допускали



Фиг. 1. Библейская картина строения вселенной. Изображена по рассказу средневекового монаха, который будто бы нашел «край Земли» и просунул голову в трещину «небесной тверди».

коренное отличие земного (подлунного) от звездного (астрального).¹ Они всячески поддерживали учение Аристотеля о существенном различии между веществом неба и веществом Земли. Согласно этому учению небо — это область неизменного эфира (пятого элемента — «квинтэссенции»), где все совершенно, чисто, вечно. Наоборот, земной шар — это мир переходящих четырех элементов — земли, воды, воздуха и огня, где все несовершенно, возникает и

¹ Материализм стоит на точке зрения единства мира, а религия, наоборот, отстаивает точку зрения двойственности мира. Поэтому в религиозном мировоззрении мир мыслится состоящим из бога и природы, души и тела, доброго духа и злой материи, живого и мертвого, человеческого и животного, греха и искупления, подлунного мира и царства небесного.

умирает. Средневековая церковная «наука» — схоластика — в этой идее Аристотеля видела оправдание религиозного представления о «царстве небесном».

С представлением о разделении мира на две абсолютно различные части тесно связано учение, которое называется **геоцентризмом**. Согласно этому учению Земля якобы находится в центре мира и следовательно занимает совершенно особенное, исключительное положение во вселенной. Всякое религиозное учение геоцентрично, так как оно не может не считать, что все, чему оно учит («божественное откровение», «божий промысел», чудеса и пр.), произошло и происходит в самом важном месте мироздания — в средоточии вселенной. А геоцентрична всякая религия потому, что она **антропоцентрична**, т. е. считает, что человек занимает центральное положение во вселенной. Религия утверждает, что человек является «венцом творения», что он создан по образу и подобию бога, что он составляет цель и конечную заботу творца вселенной. Поэтому всякое религиозное учение считает, что человек должен жить в центре вселенной, ибо вселенная якобы существует лишь для людей и Земля является средоточием вселенной. Особенно ясно выразил это знаменитый средневековый богослов Петр Ломбардский, писавший: «Подобно тому как человек создан ради бога, для того чтобы служить ему, так и вселенная сотворена ради человека, чтобы служить ему; поэтому человек помещен в центре вселенной, чтобы он мог сам служить и чтобы ему могли служить».

Геоцентрическое представление о мире нашло свое завершение в астрономической системе Птолемея, разработанной около середины второго века хр. эры. По этой системе в центре вселенной неподвижно стоит Земля, а вокруг нее движутся все небесные светила. Ближе всех к Земле расположена Луна, а затем идут: Меркурий, Венера, Солнце, Марс, Юпитер, Сатурн и, наконец, неподвижные звезды. При помощи схоластов христианская церковь целиком восприняла эту «систему мира», тем более, что, как ясно каждому, основной догмат христианского вероучения, именно догмат искупления (т. е. учение о «жертве, принесенной на Голгофе») неразрывно связан с представлением, что Земля есть средоточие мира, вокруг которого и для которого все вертится. Христианская церковь лишь внесла в систему Птолемея небольшое добавление: она заявила, что за неподвижными звездами находится эмпирей или «жилища блаженных», т. е. местопребывание бога с его «чинами ангельскими и архангельскими».

Наконец, церковно-схоластическое учение о мире заключало в себе мысль о конечности, ограниченности мироздания. Церковные ученые считали, что вселенная ограни-

чена в пространстве, замкнута со всех сторон, так как только такое представление гармонирует с идеей сотворения мира, т. е. ограниченности мира во времени. В системе Птолемея вселенная мыслилась пространственно ограниченной.

Учение Коперника решительно отбросило геоцентризм, показав, что Земля не занимает привилегированного положения во вселенной. Оказалось, что Земля есть лишь третья по расстоянию от Солнца планета, которая, как и другие планеты солнечной системы, движется вокруг Солнца. Тем самым учение Коперника показало, что истинное строение вселенной не имеет ничего общего с церковно-схоластическим представлением о мире.

В самом деле, если Земля — рядовая планета, т. е. одно из небесных тел, если планеты являются «небесными и землями», то не может быть речи о коренном различии между земным и небесным веществом. Благодаря учению Коперника начала рушиться до основания поповская фантазия о существовании «царства небесного», и был сделан первый важный шаг к признанию материального единства вселенной. С другой стороны, это учение, развенчав Землю, нанесло сокрушительный удар одному из устоев религиозного мировоззрения — антропоцентризму. А тем самым оно опровергло не только геоцентризм, но и сделало весьма важный шаг по пути отрицания другого важного пункта религиозного мировоззрения — телеологии, т. е. учения о разумной целесообразности мира.

Геоцентризм имеет телеологические основы, так как он неразрывно связан с антропоцентризмом. По библии, небесные светила «сотворены» для определенной «цели»: для того чтобы освещать средоточие мира — земной шар, на котором находится «венец творения» — человек. Например, в Книге Бытия мы читаем: «И сказал бог: да будут светила на тверди небесной, для отделения дня от ночи, и для знамений, и времен, и дней, и годов. И да будут они светильниками на тверди небесной, чтобы светить на землю». Но если Земля — обыкновенная планета, то человек, конечно, не является привилегированным существом, для которого светят все небесные светила и вообще существует весь мир.

Ученые вычислили, что лишь меньше одной 230-миллионной доли солнечного тепла и света попадает на все планеты солнечной системы, а на Землю — только одна 2200-миллионная часть. Все остальное пропадает бесцельно, рассеивается в небесном пространстве, т. е. здесь «средство» и «цель» находятся в крайне резком несоответствии. Как же после этого говорить о деятельности во вселенной какого-то «высшего разума» и о существовании Солнца ради Земли? Что же касается звезд, то уже более 200 лет назад известный в то время ученый Шейхцер писал: «Когда по-

думаешь, как мало света дают нам звезды в безлунную ночь, то начинаешь сомневаться в том, что они созданы, чтобы освещать нам ночи». Недаром Энгельс, говоря о великом творении Коперника, заметил, что «с этого времени исследование природы освобождается по существу от религии». Но отказ от геоцентризма есть вместе с тем отказ от всякого богословия, исходящего из представления о боге как промыслителе, вмешивающемся во все события, происходящие в природе и человеческом обществе. Следовательно удар по телеологии, антропоцентризму и геоцентризму означает удар не только по христианству, но и по всякой религии, ибо телеология, антропоцентризм и геоцентризм — основа всех религий.

После утверждения учения Коперника христианская и другие религии не решаются полностью отстаивать геоцентрическое представление о мире и лишь продолжают стоять на точке зрения антропоцентризма, уверяя, что человек — это особое существо, которое создано «по образу и подобию божьему». Но великий биолог Чарлз Дарвин (1809—1882) окончательно уничтожил все устои антропоцентризма, показав, что подобно тому, как Земля — не центр вселенной, и человек не является «целью творения». Дарвин доказал, что между человеком и животным нет непроходимой пропасти, что весь животный мир представляет собой как бы общую неразрывную цепь, в которой человек является лишь одним из звеньев. Человек появился на Земле не сразу, не по мановению божественной силы, а после многих миллионов лет развития животного мира.

Таким образом, Дарвин, в сущности, завершил дело, начатое Коперником: разрушив своей теорией животного происхождения человека антропоцентрическое учение, он тем самым окончательно разбил геоцентрическое представление о мире. Поэтому опубликование учения Дарвина, как и выход книги Коперника, являются важнейшими вехами в истории вытеснений религиозного мировоззрения научным.

Если религия раздвоила вселенную на подлунный мир и царство небесное, то Коперник как бы соединил Землю с небом, превратил Землю в одно из небесных светил. Этим был сделан значительный шаг вперед в признании того, что мир един, по природе своей материален, и что поэтому каждое явление должно быть объяснено естественными законами.

Движение тел солнечной системы (а тем самым и вся «система мира» Коперника) нашло свое объяснение у Ньютона (1642—1727), который открыл один из важнейших законов физики, названный законом всемирного тяготения. Этот закон связал астрономию с физикой, показал, что небесные светила движутся по тем же законам,

по которым дождевые капли, камни и прочие тела падают на Землю. Противоположность между земным и небесным, разделявшая их таинственная граница исчезла, ибо оказалось, что законы природы на Земле и вселенной едины. Перед взором человека открылось материальное единство ми-



Фиг. 2. Небо перетягивает Землю. Рисунок с заглавного листа книги Коперника, символически выражающий ту мысль, что Земля не является важнейшим телом вселенной.

ра, и это, конечно, явилось торжеством материализма. Стало ясно, что явления, открываемые на Земле, могут служить для объяснения многих явлений, происходящих на отдаленнейших звездах.

Следующий чрезвычайно важный шаг в обнаружении материального единства мира был сделан благодаря открытию спектрального анализа, позволившему связать астрономию с химией. Оказалось, что небесные тела (Солнце, звезды, туманности, кометы и пр.) имеют те же основные вещества, те же химические элементы, которые известны на Земле.

Это доказывается между прочим еще следующим фактом: на Солнце было обнаружено присутствие газа, который не был известен на Земле, вследствие чего его называли солнечным газом или гелием (от «гелиос» — солнце). Однако, по истечении некоторого времени этот газ был найден на Земле и теперь он играет немаловажную роль в технике.

То, что все небесные тела в общем построены из одних и тех же химических элементов подтверждается и непосредственным лабораторным анализом химического состава метеоритов, т. е. упавших «с неба» камней.

Все эти данные имеют огромное научное значение, так как, исходя из установленных положений физики и химии, мы можем судить о том, что происходит в мировом пространстве. Более того: факт материального единства вселенной дает основание строить научные предположения о происхождении и развитии миров. Вот почему даже философ Кант (1724—1804), старавшийся примирить науку с религией, в созданной им знаменитой теории мироздания поступал как материалист.

Кант сказал: «Дайте мне материю, и я построю из нее мир, т. е. дайте мне материю, и я покажу вам, как из нее должен образоваться мир!» Эти гордые слова молодого еще тогда философа служат лозунгом науки о вселенной, так как они значат: процессы мироздания должны быть объяснены на основании присущих материи законов, совершенно не прибегая к вмешательству сверхъестественных сил. Недаром, когда Наполеон I, прочтя одну книгу знаменитого астронома и космогониста Лапласа (1749—1827), спросил его, почему он ни разу даже не упоминает о творце и вседержителе вселенной, то этот ученый спокойно сказал: «Я совершенно не нуждался в этой гипотезе». Этим Лаплас подчеркнул атеистический характер всякой подлинной науки о природе: мир материален и един, и поэтому никакого бога не существует,—для него нет во вселенной ни места, ни дела.

К этому выводу наука неуклонно шла со времени выхода в свет великого сочинения Коперника, т. е. с 1543 г. Поэтому начавшееся с тех пор разрушение геоцентрического мировоззрения представляет собой один из важнейших моментов в истории научно-философской мысли.

В настоящей книге мы увидим, как сложилось геоцентрическое представление о мире, какие попытки были сделаны с целью сохранить это старое воззрение, как возникло и утвердилось новое учение о мире и какой сокрушительный удар это учение нанесло религиозному мировоззрению.

I. ВИДИМОЕ ДВИЖЕНИЕ СВЕТИЛ

Слово «астрономия» производится от двух греческих слов: «астрон» — светило и «номос» — закон. Впрочем, вторую половину слова некоторые ученые производят также от греческого слова «немо» — наблюдаю, делю, распределяю. Астрономами назывались люди, которые распределяли звезды по группам (созвездиям) и наблюдали движения звезд и других светил.

Первые астрономические сведения появились в самые ранние эпохи истории человечества и возникли в результате потребностей хозяйственной жизни людей. По мере развития процесса труда и усложнения форм хозяйственной жизни все более и более усиливалась потребность в календаре, т. е. в ориентировке во времени. Эта потребность могла быть удовлетворена только на основе правильных и регулярных наблюдений небесных светил, поэтому астрономия является самой старой наукой. Фридрих Энгельс, рассматривая последовательное историческое развитие отдельных отраслей естествознания, указывает: «Сперва астрономия — уже из-за времен года абсолютно необходима для пастушеских и земледельческих народов».¹

Астрономия имела непосредственное отношение к повседневной жизни земледельческих народов, так как земледелие находится в прямой зависимости от явлений природы. Ведь оно повсюду связано с годовым периодом, т. е. с тем обстоятельством, что сев и жатва неизменно повторяются в одно и то же время года. Конечно, земледельцам было крайне необходимо уметь предсказывать начало того или иного времени года, и следовательно они должны были научиться измерять время определенными,

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Диалектика природы. Собр. соч., т. XIV, стр. 438.

раз навсегда установленными промежутками. Но народы, занимавшиеся земледелием, в конце концов должны были заметить, что движение небесных тел периодически и что, стало быть, упомянутые промежутки времени могут быть установлены только по небесным светилам. Вместе с тем они не могли не обнаружить, что времена года зависят от положения Солнца и что о смене времен года можно судить по некоторым звездам.

Неудивительно поэтому, что египетские пирамиды и храмы разных древних народов были построены как раз по линии с востока на запад, с отклонением часто не более, чем в 1° , ряд «чудес», производившихся жрецами, объясняется таким расположением храма. Например, в определенный момент, к изумлению верующих, Солнце посылало свои ослепительные лучи через потайное отверстие в темную глубину храма. Это указывает на то, что у жрецов были довольно глубокие астрономические знания, связанные с календарем.

Развитие астрономии началось в речных долинах Месопотамии, Египта и Китая, где необходимость коллективных работ по регулированию орошения привела к созданию крупных городских поселений. Например, земледелие в долине реки Нила, где расселились египтяне, властно требовало создания календаря, по которому можно было правильно ориентироваться в периодических разливах реки, оставлявших на берегах большое количество плодородного ила. Необходимо было знать, когда разольется река, когда вода спадет и т. д. Тщательное наблюдение за небесными светилами в Египте привело к открытию, что разливы Нила наступают вслед за тем, как звезда Сотис — в современном обозначении Сириус — восходит в лучах утренней зари.

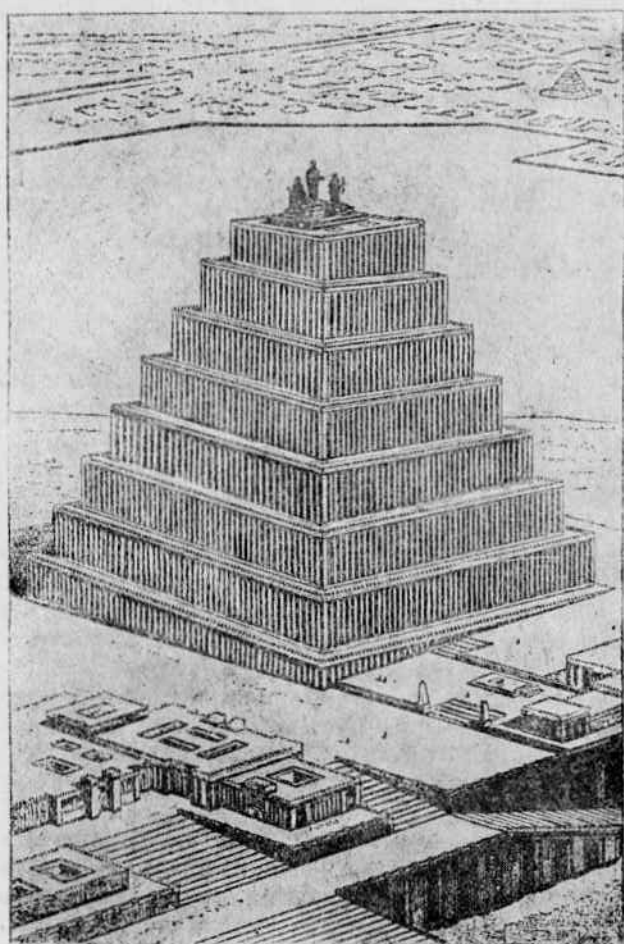
Наблюдения небесных тел, делавшиеся с целью создания календаря, занимали большое место в деятельности египетских жрецов, старавшихся удержать свою власть над темными массами. Свои астрономические знания они тщательно скрывали, храня их как профессиональную тайну, чрезвычайно важную для сельского хозяйства и всей общественной жизни.

Вот почему Маркс, упомянув в первом томе «Капитала» о регулировании воды в Египте, приводит замечание одного ученого: «Солнцестояние есть тот момент в году, когда начинается разлитие Нила, его египтяне должны были наблюдать с особым вниманием... Им важно было определить период года, чтобы регулировать свои сельскохозяйственные мероприятия. Они должны были поэтому искать на небе знака, указывающего на его возвращение».

И Маркс приходит к выводу, что «необходимость вычислять периоды разлития Нила создала египетскую астро-

номию, а вместе с тем господство касты жрецов, как руководителей сельского хозяйства».¹

Другой важной причиной, толкавшей людей к изучению астрономии, являлась необходимость ориентировать



Фиг. 3. Древнейшая обсерватория. Вавилонский ступенчатый храм, с вершины которого халдейские жрецы наблюдали небо.

ся в пространстве, когда для торговли приходилось пересекать лишенные дорог пустыни, степи и моря. Арабы, двигаясь со своими караванами по раскаленным пескам, и

¹ К. Маркс. «Капитал», т. I, 1932, стр. 399.

финикийцы и греки, пересекая Средиземное море, смотрели на звезды, чтобы сохранить направление или определить свое положение в пространстве. Таким образом, возникновение торговых сношений и мореходства требовало не только правильного счета времени, но и хорошего знания звездного неба. В этом астрономия получила еще один стимул для своего развития.

Пока мореходство ограничивалось плаванием вдоль берегов, для ориентировки, определения положения корабля на море не требовалось никаких астрономических познаний. Но когда колонии отдельных народов начали раскидываться все шире и кораблям приходилось совершать путешествия вдали от берегов, без астрономии уже нельзя было обойтись. Чтобы ночью не сбиться с пути, рулевой должен был знать положение полюса, вокруг которого вращается весь небесный свод, а также расположение звезд и их точки восхода и захода.

Словом, не подлежит сомнению, что астрономия порождена потребностями хозяйственной жизни, и поэтому первые более или менее регулярные наблюдения небесных светил были тесно связаны с практическими интересами человеческого общества.

Посмотрим теперь, что удалось узнать древним астрономам о небесных светилах и их движении.

С давних пор было замечено, что дневной путь, описываемый Солнцем на небе, не всегда одинаков, что элементы этого пути подвержены ряду изменений. Меняются точки горизонта, где дневное светило восходит на востоке и заходит на западе, меняется и высота его на южном небе в полдень. Различна продолжительность дня — время, протекающее от восхода до заката. Благодаря изменению положения Солнца на небосводе происходит смена времен года, возвращающихся через промежуток времени, называемый годом.

Луна, являющаяся наиболее заметным после Солнца небесным светилом, видна в разных фазах. В результате наблюдений, уже в незапамятные времена было установлено, что существует связь между фазой этого светила и его положением на небе относительно Солнца. Оказалось, что после одной-двух ночей, когда Луна не видна на небе, она появляется на фоне вечерней зари в виде узкого серпа, обращенного выпуклой стороной к Солнцу, только что зашедшему за горизонт. В это время Луна закатывается вскоре после дневного светила, но с каждым днем она отступает все дальше и дальше от Солнца и заходит все позже и позже, и при этом серп все более расширяется. В конце недели Луна принимает форму полукруга, а еще через семь дней этот полукруг превращается

в полный круг, причем в это время Луна стоит почти прямо напротив Солнца.

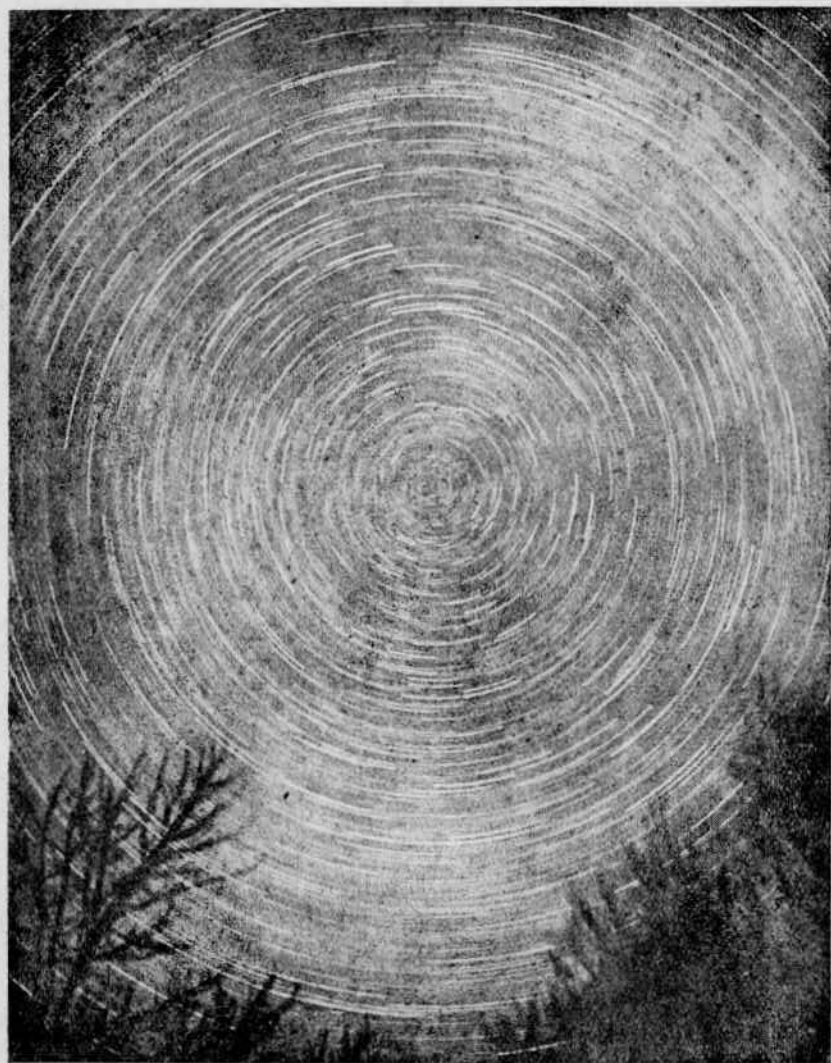
Затем это изменение лунных фаз повторяется в обратном порядке: Луна начинает приближаться к Солнцу с противоположной стороны. Луна снова становится полукругом, затем серпом, попрежнему обращенным выпуклой стороной в ту сторону неба, где находится Солнце (но теперь уже не направо, а налево). Этот серп бывает тогда виден по утрам перед восходом Солнца и, постепенно суживаясь, совсем исчезает в лучах утренней зари на один-два дня. Потом показывается «новая» Луна, и смена фаз повторяется снова в течение так называемого лунного месяца, равного $29\frac{1}{2}$ суток.

Наблюдения показывают, что почти все звезды не меняют своего взаимного расположения. Поэтому уже первые наблюдатели группировали более яркие звезды в разнообразные созвездия. Слабые же звезды, расположенные близко от ярких, причислялись к группе ярких. Таким образом все небо было разделено на определенные участки, созвездия, и древнейшие наблюдатели всячески старались находить в них сходство с теми или иными предметами, животными и т. д.

Например, семь ярких звезд Большой Медведицы настолько бросаются нам в глаза, что как бы напрашиваются на то, чтобы соединить их в созвездие,—сходство этих и менее ярких звезд с фигурой медведя весьма отдаленное. Можно поэтому допустить, что сначала изобреталась какая-нибудь фантастическая фигура, а затем уже выбирались звезды для заполнения ее контуров. Несмотря на это, чрезвычайно замечательно то, что фигуры многих созвездий оказались приблизительно сходными не только у целого ряда азиатских и европейских народов, но даже у древнеамериканских народов, не связанных тогда с народами так называемого старого света. Общеприняты в настоящее время фигуры и названия созвездий (за исключением некоторых, преимущественно южных, присоединенных в современную эпоху) перешли к нам от древних греков, которые, вероятно, сами позаимствовали их у египтян и азиатских народов.

Вследствие неизменности взаимного расположения звезд уже древнейшим внимательным наблюдателям неба удалось заметить, что звезды, подобно Солнцу и Луне, изменяют свое положение над горизонтом, передвигаясь по небосклону с востока на запад. Одни из них восходят и заходят, т. е. те звезды, которые находятся в восточной части горизонта, поднимаются вверх, а те звезды, которые находятся на западе, спускаются вниз, закатываются за горизонт. Другие же звезды, хотя и участвуют в этом движении, ни-

когда не восходят и не заходят, но описывают круги вокруг некоторой неподвижной точки на небе, которая называется небесным полюсом. Нам кажется,



Фиг. 4. Фотографический снимок, показывающий видимое суточное движение звезд вокруг точки, находящейся около полярной звезды. Толщина черты соответствует величине яркости звезды.

будто весь небосвод со всеми «прикрепленными» к нему светилами равномерно вращается вокруг воображаемой оси, которая проходит через наблюдателя и через не-

11405340

бесный полюс. Время, в течение которого совершается один поворот небесного свода вокруг нас, т. е. время между двумя восходами какой-нибудь звезды, равно 23 час. 56 мин., т. е. немного короче солнечных суток; это время названо звездными сутками.

Внимательно присматриваясь к тому, что делается на небе, нетрудно заметить, что Луна не находится все время в одном и том же созвездии, но что она безостановочно передвигается на фоне звездного неба от одного созвездия к соседнему. Передвигается она от запада к востоку, причем за 27,3 суток делает полный¹ круг, проходящий через определенные созвездия.

Замечательно то, что и дневное светило не находится все время в одном и том же месте среди звезд. Подобно Луне оно всегда передвигается с запада на восток, но только гораздо медленнее: полный круг на небе оно совершает лишь в течение года. Обнаружить это было нелегко, ибо мы не можем видеть тех звезд, которые находятся над горизонтом вместе с Солнцем, т. е. утром, днем и вечером, когда солнце заходит. Видны лишь те созвездия, которые находятся над горизонтом данного места ночью, т. е. когда Солнца не видно. Но это не важно, ибо те звезды, которые близ полуночи видны на северной стороне неба, находятся как раз над Солнцем или же в непосредственной от него близости. А еще в глубокой древности было замечено, что вид неба меняется из ночи в ночь и что вследствие этого в разные месяцы года на севере в полночь видны разные созвездия. Отсюда нельзя было не прийти к заключению, что Солнце в разное время года находится в различных созвездиях, что оно в течение года перемещается на фоне звездного неба, переходя от одного созвездия в другое.

Сегодня, например, Солнце находится близ какой-нибудь звезды; завтра и в следующие дни оно как будто все более и более удаляется от нее к востоку. Солнце кажется «идущим» всегда в одном и том же направлении, которое называется прямым, от запада к востоку, и противоположно направлению суточного движения Солнца и всех других небесных светил. При этом, совершив в течение года в небе полный круг (он был назван «эклиптикой»), оно в конце концов снова возвращается к первоначальному положению.

Итак, звезды в целом сохраняют неизменным свое взаимное расположение на небосводе, а положение Луны и Солнца изменяется. Так как Солнце и Луна являются главнейшими небесными светилами, то полоса («пояс») звезд, через которые проходят эти светила, получила особое значение. Ее разделили на 12 созвездий, и эти созвездия были

названы зодиакальными, потому что все они, за исключением одного (Весы), носят названия живых существ (греческое «здон» — животное). Таким образом каждое из этих 12 созвездий Солнце проходит в течение месяца; положение Солнца всегда можно приблизительно определить указанием на зодиакальное созвездие («знак зодиака»), в котором оно находится.

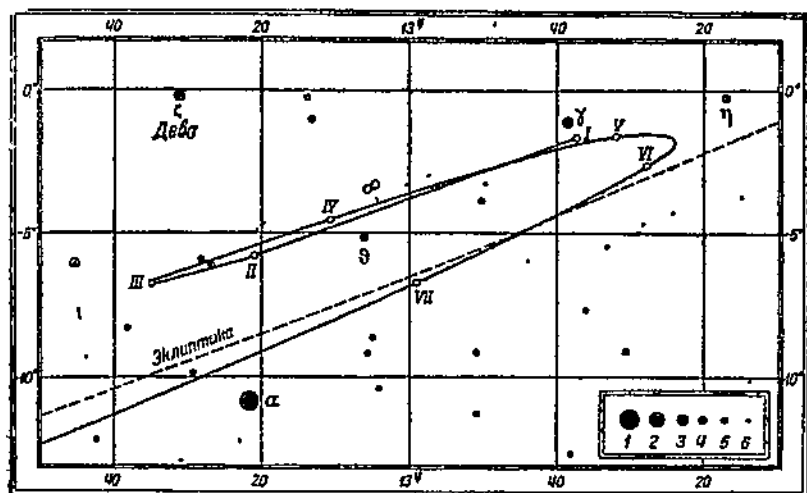
По восходу этих созвездий египтяне распределяли свои сельскохозяйственные работы; об этом в ряде случаев свидетельствуют названия, которые носят эти созвездия. Появление на небе созвездия Рака служило указанием на то, что Солнце, как рак, начинает «пятиться назад», что после наибольшего дня (22 июня) день укорачивается. Созвездие Льва отмечало наступление жаркого месяца июля, а появление созвездия Девы говорило об уборке хлеба в августе, которое производится при участии женщин. Вешивание и определение урожая происходило при появлении созвездия Весов, которое указывает на осеннее равноденствие (23 сентября). Созвездие Скорпиона (в октябре) предостерегало от укусов скорпионов, а появление созвездия Стрельца (в ноябре) указывало на необходимость отправляться на охоту за зверем. Созвездие Водолея отмечало предстоящее вскрытие рек, а ожидаемый улов рыбы отмечался появлением созвездия Рыб.

С течением времени эти созвездия получили сокращенные обозначения, которые называются «знаками зодиака» и которые считались священными. Но необходимо иметь в виду, что знаки, которыми первоначально отмечались различные периоды земледельческих работ, уже более не совпадают по времени с соответствующими созвездиями, ибо вследствие явления, называемого прецессией или «предварением равноденствия», созвездия в течение тысячелетий изменили свое положение на небосводе.

Уже в древнейшие времена было замечено, что в зодиакальных созвездиях существует пять особенных светил, постоянно меняющих свое положение на небе. Эти светила греки называли «планетами» или странствующими, блуждающими звездами (от «планао» — блуждаю), в отличие от остальных, так называемых неподвижных звезд. По внешнему виду планеты похожи на наиболее яркие звезды, но в отличие от звезд они, независимо друг от друга, переходят от одного зодиакального созвездия в соседнее. Из них одни (Меркурий и Венера) бывают всегда на небе близко от Солнца и не отходят в далекие от Солнца созвездия; другие же (Марс, Юпитер и Сатурн) могут быть и в одном созвездии с Солнцем, но могут отходить от него даже и в противоположную сторону небосвода. Особенно замечательно то, что планеты движутся по запу-

танным, крайне сложным путем, то опережая звезды, то отставая от них, а иногда даже останавливаясь неподвижно или же на некоторое время совершенно исчезая.

В то время как Солнце и Луна постоянно движутся среди звезд с запада на восток, движение планет иногда бывает прямым — с запада на восток, а иногда и обратным (попятным, ретроградным), с востока на запад. При этом, когда планеты меняют направление своего движения, они находятся в стоянии, т. е. останавливаются среди звезд (хотя полной остановки не происходит, бывает лишь



Фиг. 5. Видимое движение планеты Марс среди звезд в 1935 г. Римские цифры отмечают место, где планета находилась на первое число месяца.

очень медленное, малозаметное движение). Стало быть, следя за какой-нибудь планетой, идущей среди звезд к востоку, мы заметим, что с течением времени она начнет замедлять свое движение, пока не «остановится», а затем начнет двигаться с постепенно возрастающей скоростью в противоположном направлении — к западу. Через некоторое время ее попятное движение замедлится и совсем прекратится, после чего планета снова пойдет на восток, сначала медленно, затем быстрее, пока не вернется в прежние условия и не повторит всех прежних перемен. Следовательно, если бы планеты, перемещаясь между звездами, оставляли после себя след, то след этот представлял бы собой неправильную кривую линию с более или менее значительными заворотами или «узлами» («петлями»).

Открытие пяти планет, ничем не отличающихся по своему внешнему виду от неподвижных звезд, не оставляет

сомнения в том, что древним народам хорошо было знакомо звездное небо. По сравнению с народами средней Европы, южные народы были гораздо ближе знакомы со звездным небом, потому что на юге воздух прозрачнее, ночи чернее и чище, и звезды ярче. В наших широтах, где так часто не видно неба из-за облаков и туманов, астрономия никогда бы не сделала таких успехов, как в странах, лежащих на берегах Евфрата, Нила, Средиземного моря и т. д. Недаром Коперник писал: «Древние жили под ясным небом, так как Нил, согласно их сообщениям, никогда не дает таких туманов, как наша Висла. Природа отказывает нам, живущим в суровом климате, в таком удобстве; воздух редко бывает спокоен, и кроме того, в виду значительного наклона небесной сферы, нам редко представляется возможность наблюдать Меркурий».

Без близкого знакомства с небом совершенно невозможно было выбрать среди хаоса звезд именно те немногие, которые обладают собственным движением. При этом уже древние наблюдатели должны были заметить, что попятные движения планет продолжаются сравнительно короткое время, так что в общем эти светила все же движутся поступательно, вперед (с запада на восток) относительно неподвижных звезд. Они описывают весь небесный свод в периоды, различные для каждой планеты, причем период полного обращения — это промежуток времени между двумя последовательными возвращениями планеты к одной и той же неподвижной звезде.

Из недавно прочитанных клинописных таблиц видно, что уже в V столетии до хр. эры вавилонским астрономам были хорошо известны периоды обращения даже медленно движущихся планет Юпитера и Сатурна. На самом же деле открытие этих периодов было сделано гораздо раньше, причем это требовало значительных усилий. Если принять во внимание, что, например, период Сатурна охватывает почти целую человеческую жизнь, то станет ясным, что лишь столетние неустанные наблюдения привели вавилонян к знанию этих периодов. Все пять планет были известны вавилонянам, вероятно, еще за 20 веков до хр. эры.

Регулярное и внимательное наблюдение этих светил и послужило главным фундаментом для развития астрономических знаний. В течение многих столетий древнейшие астрономы (жрецы), наблюдая положение этих странствующих звезд на небосводе, не смогли определить периодов обращения планет, так как они не имели правильного и непрерывного счета лет. Но когда такой счет был введен (вероятно, около 800 лет до хр. эры), удалось довольно скоро определить периоды обращения планет, т. е. обнаружить закономерность, правильную пов-

торяемость в том, что раньше казалось случайным, неправильным. Наблюдения планет были бесполезны для главного занятия древнейших астрономов — составления календаря. Но зато они были важны (вместе с зодиакальными созвездиями) для древней лженауки — астрологии, которая уверяла, что планеты оказывают предрешающее влияние на судьбы людей и другие земные события.

Такие явления, как затмения Солнца и Луны, привлекали особенное внимание древних наблюдателей, которые в конце концов подметили, что эти небесные явления повторяются через определенные промежутки времени. Сперва было замечено, что лунные затмения происходят только в полнолуние, а солнечные — в новолуние, а затем обратили внимание на то, что не при каждом полнолунии имеет место лунное затмение, так же как не при каждом новолунии — солнечное. Отсюда возникло стремление определить промежуток времени между двумя последовательными затмениями, и путем внимательных и длительных наблюдений и старательных записей был, наконец, установлен период в 18 лет 11 дней, т. е. в 223 оборота Луны, по истечении которого все затмения повторялись в прежней последовательности.

Вавилонские астрономы знали об этом периоде, называемом Сарос, уже в древнейшие времена, и, пользуясь им, могли довольно точно предсказывать наступление затмений (главным образом лунных). Надписи, найденные при раскопках, показывают, что в Вавилоне главный астроном, и вместе с тем астролог, регулярно являлся к царю и сообщал о небесных явлениях. Например, на одной глиняной таблице написано: «Основателю зданий царю, своему господину, его покорный слуга Набадин, великий астролог Ниневии шлет привет. Пусть небо и Меродах (планета Юпитер) будут благосклонны к основателю зданий, царю и моему повелителю. В 15-й день сего месяца Луна была в затмении. Мы наблюдали вступление Луны в лунный узел».

Еще более интересен документ, посланный ассирийскому царю Ассурбанипалу (668—626 до хр. э.) его астрологом Абилю-Истаром. Начало этого послания гласит: «Царю, моему повелителю, от твоего слуги Абилю-Истара. Да будет мир моему царю, моему повелителю; да будет милость неба и Мардука моему царю, моему повелителю. Да даруют великие боги долгие годы, здравие тела и радость сердца царю, моему повелителю. В 27-й день исчезла Луна. В 28-й, 29-й и 30-й день мы ожидали солнечное затмение. Но Солнце не вступило в затмение. В первый день Луна наблюдалась в дневные часы».

Из этого послания видно, что астрономические сведения

халдеев стояли настолько высоко, что они могли вычислять затмения со значительной точностью (счет дням месяца они вели от новолуния, т. е. первым днем месяца был день после новолуния). Случилось, что их определение оказалось неточным: они ожидали солнечное затмение (которое должно наступать лишь при новолунии), но оно не произошло, о чем они и довели до сведения царя.

Сарос был давно известен и китайцам: уже за несколько тысячелетий до нашего летосчисления предсказание затмений в Китае было довольно точным. Назначаемые для этой цели придворные астрономы подвергались наказанию, если такое событие наступало без предсказания. В китайской книге «Шу-кинг» сообщается о солнечном затмении, имевшем место в 2137 г. до хр. эры, не предсказанном придворными астрономами, вследствие чего вся страна пришла в смятение. В китайских государственных летописях об этом случае повествуется так: «Астрономы Хи и Хо забыли всякую добродетель, они предались непомерному пьянству, забросили свою должность и оказались ниже своего высокого звания. Они впервые нарушили годовое вычисление небесных светил, и в последний месяц осени, в первый день месяца, Солнце и Луна, вопреки ожиданиям, встретились в (созвездии) «Фанг». Слепым поведал о том барабан, бережливые люди были исполнены смятением, простой народ бежал. Хи и Хо, занимая свои должности, не слышали и не знали ничего».

Ужас перед неожиданно наступившим затмением, очевидно, был очень велик в Китае, и оба астронома заплатились за это жизнью. Однако, нельзя было обвинять их в нерадивости, так как предсказание солнечного затмения для какого-либо определенного места — дело далеко не простое, а в то время оно было сопряжено с большими трудностями. Современная астрономия сумела, конечно, углубиться в эти далекие времена и вычислить, как обстояло дело с этим замечательным затмением. Точнейшее исследование сделал Оппольцер, который нашел, что для города Нган-йи, резиденции царствовавшей в то время в Китае династии Хиа, затмение произошло 22 октября 2137 г. до хр. эры. Оно началось через 19 мин. после восхода Солнца; наибольшей фазы затмение достигло в 7 час. 37 мин. утра, причем Луной было закрыто около 0.85 солнечного диска

II. ДРЕВНИЕ ИДЕИ О СТРОЕНИИ МИРА

У древнего земледельца, привязанного к своему клочку земли, круг наблюдения и опыта не мог быть большим. У него совершенно отсутствовал масштаб больших расстояний, и о мире он судил только на основе того, что

непосредственно ощущал, что видел своими глазами. Поэтому вселенную он считал разделенной на две совершенно различные части — на Землю и небо, т. е. на верх и низ. При этом Земля казалась ему небольшой и плоской, а над ней, как крыша дома, высилась-хрустальная «твердь небесная». Над «твердью» находились «воды неба», которые иногда через ситообразные или окнообразные отверстия изливались, по воле бога, на Землю в виде дождя. На небе двигались вокруг Земли, как центра вселенной, Солнце, Луна и другие небесные светила.

Благодаря этому легко было прийти к заключению, что все в мире сотворено для человека, что человек — «венец творения», что только для людей Солнце, Луна и звезды в немом величии совершают свои круговые пути, что только для нас изливают они свой свет. При этом каждый древний народ не только считал Землю средоточием вселенной, но и склонен был полагать то именно место, где он обитал, центром мира. Например, китайцы до сих пор называют свою страну Срединным царством; инки Перу показывали центр мира в храме Куцко, название которого значит «пуп».

Такой наивный, ограниченный, типично геоцентрический взгляд на «мир божий» вполне отвечал непосредственным зрительным впечатлениям.

В том или ином виде мы встречаем этот взгляд у всех народов древнего мира — египтян, греков и т. д. Даже вавилонская астрономия, несмотря на свое довольно высокое математическое развитие, все же не пришла к новому, более правильному воззрению на небо и Землю, на строение вселенной. В древнейших вавилонских сочинениях мы читаем, что Земля имеет вид выпуклого острова, окруженного океаном, а небо — просто твердый купол, опирающийся на земную поверхность. На этом куполе прикреплены небесные светила, причем он отделяет воды, находящиеся «внизу» (океан, обтекающий земной остров), от вод, находящихся «наверху» (дождевых вод). Солнце восходит утром, выходя из небесных ворот, а вечером, заходя, проходит через западные ворота и ночью движется где-то под Землей.

Это примитивное воззрение на строение всего мира почти не подвергалось в Вавилоне в позднейшее время никакому изменению, несмотря на продолжавшееся развитие науки о небе. Но это нас не удивит, если мы вспомним, что вавилонская (как и египетская и пр.) астрономия являлась наукой жрецов. Она была лишь вспомогательным средством для составления календаря и выработки ритуала и всецело оставалась в плену религиозных идей, неразрывно связанных с антропогеоцентрическим мировоззрением.¹

Вавилонское представление о вселенной оказало весьма заметное влияние на библейское мировоззрение. В еврейско-христианских священных книгах ясно проведен взгляд, что Земля играет исключительную роль во всем мире, который создан и существует только для человека.¹ Этот взгляд лежал в основе не только всякой религии, но и астрологии, считавшей, что по движению планет и их положению среди зодиакальных созвездий можно предсказывать будущее народов, судьбу отдельных личностей и т. д.

Громадное, всеобъемлющее влияние Солнца на все происходящее на Земле процессы, на жизнь растений и животных, очень рано было замечено людьми. Так же давно было найдено, что по положению звезд на небе можно определить время года, и поэтому казалось, что от звезд, а не только от Солнца, зависит урожай. Все это в конце концов привело к мысли, что все земные события зависят от наступления тех или иных небесных явлений и что, следовательно, по небесным светилам можно предсказывать все события человеческой жизни. Поэтому в древнем Египте, в Вавилоне, Ассирии и др. древних странах астрология была очень популярна. Астрологами были жрецы, которые производили наблюдения небесных светил не только для календаря, но и для астрологических гаданий.

Христианская церковь в первые века недружелюбно относилась к астрологии, или звездочетству, как к «языческому учению», признающему предопределение и, следовательно, противоречащему идее свободной воли и ответственности за грехи. Однако в эпоху Возрождения астрология достигла широкого распространения в Западной Европе и даже стала обязательным предметом преподавания в ряде университетов, что вполне гармонизировало с антропогеоцентрическим мировоззрением.

Если принимается, что Земля в качестве обиталища «венца творения» занимает особенное положение во вселенной, что небесные светила созданы только для Земли и ее обитателей, то естественно допустить, что планеты (в число планет астрологи включали также Солнце и Луну) влияют

¹ О небесах говорится, что они «тверды как литое зеркало» (книга Иова, XXXVII, 18), и что они утверждены на колоннах — «потрясась земля, дрогнули и подвиглись основания небес» (Вторая книга царств, XXII, 8), «столпы небес дрожат» (книга Иова, XXVI, 41). Что же касается вопроса, на чем Земля держится, то одна и та же «священная» книга Иова в различных местах дает противоречивые представления: то Земля утверждена на некотором основании — «где ты был, когда я полагал основание Земли», «на чем утверждены основания ее и кто положил краеугольный камень» (XXXIX, 4, 6), то проглядывает иной взгляд — «он распростер север над пустотой, повесил Землю ни на чем» (XXVI, 7).

на все происходящее на Земле и на судьбу отдельных людей. Поэтому при королях, полководцах и т. п. была должность астрологов, которые составляли гороскопы, т. е. предсказания будущих событий на основании расположения планет среди созвездий во время рождения человека и в другие важные моменты его жизни. Астрология и астрономия в то время были тесно связаны, причем астрология являлась источником существования для астрономов и в основе той или другой лежало одно и то же представление о вселенной — геоцентризм.

Это наивное представление вполне удовлетворяло потребности древнего земледелия, пастушества и мореплавания, пока опыт людей был ограничен. Астрономические познания некоторых древних народов (в особенности греков) достигли — в пределах геоцентризма — значительного развития.

Уже в древнейшие времена перед человеком встал вопрос: куда Солнце девается после захода на западе и каким образом оно связано с Солнцем, появляющимся по утрам на востоке? Как мы видели, вавилоняне, для которых небо представлялось одной полусферой, считали, что Солнце восходит утром через восточные «небесные ворота» и заходит вечером через западные. Фалес, Анаксимандр и другие греческие мыслители, жившие между 600—500 гг. до хр. эры в ионийских колониях на берегах Малой Азии, обратили внимание на то, что некоторые звезды описывают полный круг над горизонтом, другие же погружаются под него и восходят вновь. Поэтому они отрезались от видимых впечатлений и пришли к заключению, что небо шарообразно, что оно напоминает не одну полусферу, а две. Но если это так, если кроме одного куполообразного потолка над Землей существует еще один под ней, т. е. если небо имеет форму полной сферы, то нечего говорить о «небесных воротах». С этой точки зрения выходило, что шарообразное, сферическое небо, вращаясь вокруг оси, проходит под Землей и таким образом вызывает восход и закат светил.

Правда, попрежнему существовал взгляд, что Земля плоска, что она является диском или цилиндром, на верхней поверхности которого обитают люди. Но Анаксимандр (610—547 гг. до хр. эры) внес в этот взгляд весьма важную поправку: он увеличил размеры небесной сферы и уменьшил размеры Земли, так что наивное, примитивное представление об ограничении Земли небом исчезло. Выходило, таким образом, что плоская Земля, окруженная воздушной оболочкой, свободно висит в пространстве, что одинаково удаленная от каждой точки почти бесконечной небесной сферы, она не может

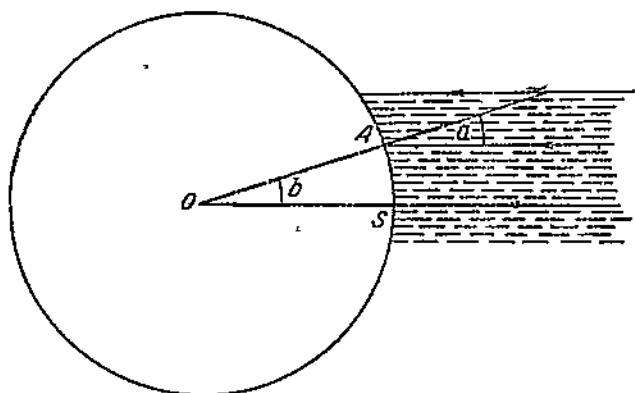
упасть ни наверх, ни вниз, ни направо, ни налево, и поэтому остается в равновесии в центре.

После того как весь мир стал представляться сферой, был сделан дальнейший шаг: появились идеи о том, что Земля не плоский диск и не цилиндр, а шар. Ведь если Земля плоска, то горизонт должен быть во всех местах один и тот же, а вследствие этого вид звездного неба всюду должен быть одинаковым, а земные предметы с любой точки должны быть видны целиком сверху до низу. А между тем греческие мореплаватели заметили, что звезды, поднимающиеся над южной частью горизонта на берегах Африки, совсем не видны на берегу Черного моря, т. е. в северных странах; это указывало на то, что Земля имеет кривую поверхность, что направление горизонта в разных местах различно. Вместе с тем греки, проживавшие на островах и плававшие по морям, не могли не обратить внимание на то, что при приближении к берегу, сначала показываются верхушки высоких предметов (гор, кораблей, зданий и т. д.), затем средние и наконец нижние; это вело к мысли, что должна существовать выпуклость Земли, заслоняющая от нас нижние части предметов.

Когда была установлена шарообразность Земли, возник вопрос о ее размерах, и этот вопрос впервые был решен, и притом поразительно просто, Эратосфеном (276—196 до хр. эры). Этот замечательный александрийский ученый нашел, что в день летнего солнцестояния в Александрии, в полдень, Солнце отстояло от зенита, от высшей точки неба, на 7.2° , т. е. почти на одну пятидесятую окружности небесного меридиана, между тем как южнее, в Сиенне (теперь здесь город Ассуан), в то же время отвесные предметы совершенно не давали тени и Солнце освещало дно колодцев, т. е. там Солнце стояло как раз в зените, прямо над головой. Эратосфен знал, кроме того, что эти два города отстоят друг от друга на расстоянии в 5 000 стадий, и поэтому он заключил, что это расстояние составляет одну пятидесятую часть окружности земного шара, т. е. для величины всей окружности Земли получается 250 000 стадий. Но была стадия греческая и стадия египетская и они значительно различаются между собой ($157\frac{1}{2}$ и 185 метров). Думают, что измерения Эратосфена сделаны в греческих стадиях, так что окружность Земли у него оказалась равной 39 690 км, — это с точностью до одного процента совпадает с современными измерениями (ошибка возрастает почти до 20 процентов, если принять египетскую стадию).

Выдвинув представление о сферической форме небесного свода, Ионийская философская школа в лице Анаксимандра сделала первый шаг по пути отрешения от кажу-

щихся, видимых впечатлений. При этом особенно важно то, что один из наиболее замечательных представителей этой школы, Анаксагор (500—428 до хр. эры), совершенно отвергал мысль о прикреплении небесных светил к твердому, хрустальному небесному своду. Звезды он считал состоящими из той же материи, что и Земля, т. е. каменными массами, причем одни из них накалены и светят, а другие холодны и темны. В связи с этой идеей о единстве земной и небесной материи Анаксагор говорил,



Фиг. 6. Определение окружности Земли по Эратосфену. В момент наблюдения, произведенного Эратосфеном, лучи Солнца в точке S — Сиене — направлены к центру Земли, вследствие чего вертикально поставленный стержень не отбрасывает тени. В это же время в точке A — Александрии — солнечные лучи образуют с направлением к центру Земли АО угол α , равный $7,2^\circ$, т. е. соответствующий $1/50$ окружности. В виду параллельности солнечных лучей угол α равен углу β , а последний соответствует дуге AS, равной расстоянию между обоими городами и составляющей $1/50$ окружности Земли.

что Солнце состоит из расплавленного вещества, похожего на земное вещество. В подтверждение этого Анаксагор приводил в пример падающие с неба метеориты. Он описал один «небесный камень», упавший в его время во Фракии и равный по величине мельничному жернову. Он полагал, что этот кусок железа, упавший при дневном свете на Землю, ведет свое происхождение от Солнца и доказывает, что дневное светило состоит из раскаленного железа.

Анаксагор говорил, что по своей величине Солнце во много раз больше, чем весь Пелопонес, а Луна приблизительно равна Пелопонесу. Луна настолько велика, что на ней умещаются горы и долины, причем подобно Земле она

является местопребыванием живых существ; свой свет это темное тело получает от Солнца. Характерно при этом, что на вопрос: если небесные тела подобно земным телам тяжелы, то почему не падают на Землю? — Анаксагор отвечал, что причина этого заключается в их круговом движении около Земли. Значит, с точки зрения этого мыслителя, небесные тела не падают на Землю потому, что их круговое движение имеет перевес над силой падения, влекущей тела вниз. В связи с этим он сравнивал движение Луны вокруг Земли с движением камня в праще, быстрое вращение которой уничтожает стремление камня упасть на Землю (это, вероятно, древнейшее дошедшее до нас понятие о центробежной силе).

Долгое время Анаксагор скрывал эти свои взгляды или излагал их лишь своим ближайшим ученикам, а когда он их наконец обнародовал в своем сочинении «О природе» (от него дошло до нас лишь несколько отрывков), то едва не сделался жертвой жрецов. В глубокой старости он был заключен в темницу как безбожник и приговорен к смертной казни, обвиненный в том, что осмелился приписать законы божеству, а Солнце считает не божественным светилом, а раскаленным камнем, горячим метеоритом. Лишь благодаря настоятельным хлопотам его могущественного ученика и друга Перикла смертная казнь была Анаксагору заменена ссылкой: он был отпущен на волю с обязательством немедленно и навсегда оставить Афины.

Анаксагор считал, что все видоизменения тел объясняются соединением и разъединением мельчайших, невидимых глазу частиц материи. Он писал: «Ничто не возникает вновь и не уничтожается; все сводится к сочетанию или разъединению вещей, существующих от века; вернее было бы признать возникновение сочетанием, а прекращение — разъединением». Это представление о материи несомненно оказало влияние на великого древнегреческого материалиста Демокрита (460—370 или 360 г. до хр. эры), который разработал атомистическую теорию мира, сыгравшую колоссальную роль в развитии естествознания и философии.

Согласно теории Демокрита, вселенная безначальна и никогда и никем не создана, причем все, что было, есть и будет, обусловлено необходимостью, зависит от определенных причин, а не от прихоти каких-то сверхъестественных, божественных существ. Вселенная состоит из неделимых, качественно тождественных мельчайших частиц — атомов, которые извечны и находятся в непрерывном движении. Атомы, различаясь по форме, меняют свое взаимное положение; а для того, чтобы это было возможно, пространство должно быть вообще пусто. Переменой вза-

имного положения атомов вызвано всякое видоизменение, так что многообразие вещей зависит от числа, формы и соединения атомов. Число атомов бесконечно велико и формы их бесконечно различны, но качественно эти частички совершенно тождественны. При движении в бесконечном пространстве они сталкиваются, и это вызывает вихри, из которых образуются небесные тела, различные миры. Демокрит учил, что в бесконечном пространстве бесконечное число сочетаний, соединений атомов может образовывать бесчисленное количество миров.

В общем Демокрит рисовал себе такую картину вселенной: вселенная бесконечна, ее материя вечна, а число ее миров бесконечно; некоторые из миров похожи друг на друга, другие — совсем отличны. Эти тела не есть нечто постоянное, неизменное: они возникают и исчезают, мы их видим в различных стадиях развития. На белесоватую мерцающую полосу на небе, издревле названную Млечным путем, Демокрит смотрел как на скопление колоссального количества весьма скученно расположенных звезд. Звезды он называл очень далекими солнцами, Луну же считал похожей на Землю, имеющей горы, долины и т. д.

Что же касается Земли, то Демокрит пытался объяснить ее возникновение путем сгущения атомов в центре мирового вихря, образовавшегося вследствие постоянных столкновений атомов. Но хотя у Демокрита Земля находится в центре вселенной, все его учение о природе звезд, образовании миров и т. п. совершенно непримиримо с существом геоцентрического мировоззрения. Недаром представление о множественности миров, вытекающее из этого учения, нашло свое развитие у одного из величайших противников геоцентризма — философа Джордано Бруно (1548—1600).

Взгляды Демокрита были явно атеистичны, и поэтому они считались «опасными» для народных масс. Чтобы помешать их распространению аристократы и реакционеры всех мастей не стеснялись в средствах. Например, Платон и его ученики скупали многочисленные сочинения Демокрита и уничтожали их (до нас дошли только незначительные отрывки из этих сочинений). В результате смелые материалистические идеи Демокрита имели лишь незначительное влияние в эпоху, в которую они возникли.

Эти идеи были использованы и развиты выдающимся мыслителем Эпикуром (341—270 до хр. эры) и они никогда не были совершенно забыты в древнем мире. Однако им не удалось добиться такого распространения, какое получила идеалистическая философия, развитая Сократом, Платоном и величайшим мыслителем древнего мира Аристоте-

лем. Но из того, что эти философы оказали огромное воздействие на последующее развитие мысли, вовсе не следует, что их взгляды означали значительный шаг вперед в углублении наших знаний о природе. Это видно хотя бы из того, что они ставили науке определенные пределы; например, Сократ (469—399 до хр. эры) строго завещал своим ученикам не заниматься вопросами о движении небесных светил, об их расстояниях от Земли, об их происхождении и т. д. По сообщению его любимейшего ученика Ксенофонта, он уверял, что «все это навсегда останется тайной для смертного, и конечно самим богам прискорбно видеть старания человека разгадать то, что угодно было им навсегда скрыть от него непроницаемой завесой».

С точки зрения прогресса естественно-научного миропонимания древнегреческая идеалистическая философия, достигшая наивысшего развития в учении Аристотеля, несомненно являлась шагом назад по сравнению с учением Демокрита. Эта философия по самому существу своему служила оправданием религиозного мировоззрения и поэтому она была облечена густой оболочкой анимизма, крайнего антропоморфизма, наивной телеологии и прочих атрибутов поповщины. Это вынужден был признать даже идеалистически настроенный философ Ланге (1828—1875), в своей «Истории материализма» отметивший, что древнегреческие идеалисты нередко тормозили развитие науки и что Аристотель «во все времена был излюбленным философом консервативных школ и партий».

III. ГЕОЦЕНТРИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

Перейдем теперь к тому учению о вселенной, под влиянием которого люди находились в течение почти двух тысяч лет. Мы имеем в виду учение Аристотеля (384—322 до хр. эры), которое включило в себя всю совокупность знаний того времени. Это учение имело замкнутый характер, рвало с традицией наивного чувственного миропонимания и не расходилось с привычными религиозными идеями: антропоморфизмом, телеологией и т. д.

Аристотель был уверен в том, что уже имеется все необходимое и достаточное для решения вопросов о Земле, небе и т. п. В общем его учение о вселенной представляет собой довольно стройное, но весьма поверхностное обобщение непосредственного чувственного опыта. Согласно этому учению, мир целесообразно, разумно устроен и представляет собой совокупность тел, состоящих из вещества и находящихся в состоянии непрерывного движения или изменения. Что же касается человека, то для стагирского философа (так называли Аристотеля по имени горо-

да Стагира, где он родился) он был не звеном в цепи прочих существ, а конечной целью всей премудро устроенной природы. В связи с этим он поместил земной шар неподвижно в центре мира, а на весь остальной мир смотрел как на своего рода оболочку этого центрального тела, представляющего собой, вместе с обитающим на нем человеком, исходный пункт всей целесообразности природы.



Фиг. 7. Аристотель (статуя в Риме).

Вселенная представлялась Аристотелю пространственно ограниченной, замкнутой, единственной, не имеющей подобия. Он пытался при помощи различных логических ухищрений доказать, что существует лишь одно небо, которое должно иметь сферическую форму, ибо сфера — самое «совершенное» из тел, изучаемых в геометрии.

Но несмотря на то, что Аристотелю небо представлялось пространственно ограниченным, он считал небо безграничным во времени, т. е. вечно существующим. В своем сочинении «О небе» великий Стагирит писал: «Небо не создано и не может погибнуть, как думают некоторые философы. Оно вечно, без начала и конца; кроме того оно не

знает усталости, ибо вне его нет силы, которая принуждала бы его двигаться в несвойственном ему направлении».

Аристотель считал, что мир, не имеющий ни начала, ни конца во времени, не мыслим без движения. Это, однако, привело Аристотеля не к материалистическому представлению о движении как о способе бытия, атрибуте материи, а к чисто поповскому заключению о «первом двигателе», который должен быть недвижим. Этот двигатель есть ум, мысль, и под его влиянием вселенная сама «желает двигаться», сама стремится к движению или изменению. Словом, в этом первом недвижимом двигателе, направляющем вещи к разумным целям, Аристотель видел сверхъестественное существо — б о ж е с т в о.

Хотя Аристотель старался сохранить основы религиозного мировоззрения, но его представление о вечности мира было неприемлемо для верующих, ибо оно превратило бога не в творца и устроителя мира, а лишь в первого двигателя. Недаром на склоне дней своих Аристотель был обвинен в безбожии и вынужден был бежать из Афин на остров Евбею, где вскоре умер.¹

Мы уже отметили, что если первый шаг в развитии науки о небе связан с возникновением идеи шарообразности небосвода, то следующий шаг вперед связан с представлением о шарообразной форме Земли. Это представление в значительной степени принадлежит философской школе Пифагора, причем оно возникло, как и взгляд о сферической форме небесного свода, на основании наблюдений. Пифагор будто бы выражал мнение о повсеместной обитаемости земного шара, т. е. о существовании антиподов, для которых опрокидывались понятия «верха» и «низа» (автором слова «антипод» считают Платона). В настоящее время невозможно установить, какого рода были соображения, которые привели Пифагора к этому, столь важному для дальнейшего развития науки, представлению о шарообразности Земли. Но не подлежит сомнению, что

¹ Видный историк древнегреческой мысли Эд. Целлер пишет: «Теология Аристотеля представляет собой абстрактный монотеизм, исключаящий всякое вмешательство божества в мировой порядок; если же он видит нечто божественное в природе, в какой ее целесообразной деятельности и еще непосредственнее — в человеческом духе, то все же мысль свести какие-либо явления на иные, не естественные причины, настолько чужды ему, что у него совершенно нет места сократовой вере в провидение даже в той форме, в какой ее усвоил Платон. Равным образом отсутствует у него вера в потустороннее воздаяние. Он признает божество за последнее основание связи, порядка и движения вселенной, но полагает, что все частные явления в ней должны быть объяснены чисто естественными причинами; он относится к этому божеству с почитанием и исполненной восхищения любовью, но не требует от него ни ответной любви, ни особого о себе попечения» («Очерк истории греческой философии»).

это представление должно было возникнуть у древних греков, ибо, вследствие развития у них мореплавания, они издавна в день наблюдали явления, обусловленные шарообразной формой Земли.

Аристотель знал об этих фактах и из них он сделал совершенно правильный вывод, что Земля не только шарообразна, но и не может быть очень велика и что она вся заселена. При этом он дал настолько ясный обзор доказательств шарообразности Земли, что этот философ совершенно справедливо может считаться основателем всего нашего учения о форме Земли.

«Что Земля есть шар,— писал Аристотель,— следует также из чувственного ощущения... Ибо в противном случае во время лунных затмений мы не видели бы на Луне столь отчетливого круглого темного сегмента. Предел тени (т. е. невидимой части) Луны в течение месяца принимает различную форму, то вид прямой линии, то выпуклой, то вогнутой дуги круга,— во время же затмений эта линия всегда выпукла, а так как лунное затмение происходит от земной тени, то и Земля должна иметь вид шара. Это явствует также и из явлений, представляемых звездами над горизонтом и доказывающих кроме того, что земной шар не может быть слишком велик. Так, стоит только немного подвинуться по направлению к югу или северу, чтобы круг горизонта значительно изменился и находившиеся прежде над нашей головой звезды удалились от прежнего своего места. Некоторые (южные) звезды, видимые в Египте или на острове Кипре, не видимы бывают в странах, севернее лежащих, и обратно—северные звезды, при ежедневном своем течении, остаются постоянно над нашим горизонтом северных стран Земли, между тем как в более южных местах те же звезды, подобно другим, восходят и заходят. Следовательно Земля не только шарообразна, но она и невелика, так как в противном случае при столь незначительной перемене места вышеописанное явление не было бы заметно. Поэтому можно думать, что местность вокруг Геркулесовых столбов (Гибралтара) соединяется с Индийской страной и что таким образом существует лишь одно море. Затем математики, вычислившие окружность Земли, считают ее равной приблизительно 400 000 стадиям, а из этого мы заключаем, что Земля не только имеет сферическую форму, но и что объем ее незначителен в сравнении с небом».

Принимая стадию равной $157\frac{1}{2}$ или 185 метрам, получаем для окружности земного шара 63 000 или 74 000 километров, т. е. числа того же порядка, что и истинная величина—40 000 километров.

Как нами уже было отмечено, Аристотель приписывал

шарообразную форму и небесному своду. Тем самым создавалось противоречие между представлением о шарообразности Земли и неба, к которому привели астрономические наблюдения, и физическими понятиями «верх» и «низ», возникшими при созерцании окружающих явлений. Это противоречие Аристотель разрешал учением о разделении вселенной на две существенно различные друг от друга части — элементарную и эфирную. И в связи с этим Аристотель развил чрезвычайно последовательную, строго геоцентрическую точку зрения, проводя резкую грань между подлунным и надлунным миром, между «земным» и «небесным».

Вот основные положения астрономического учения Аристотеля в его собственном изложении: «Солнце и планеты обращаются около Земли, находящейся неподвижно в центре мира. Наш огонь, относительно цвета своего, не имеет никакого сходства со светом солнечным, ослепительной белизны. Солнце не состоит из огня, а есть огромное скопление эфира; теплота Солнца причиняется действием его на эфир во время обращения вокруг Земли. Кометы суть скоротечные явления, которые быстро рождаются в атмосфере и столь же быстро исчезают. Млечный путь есть не что иное, как испарения, воспламененные быстрым вращением звезд около Земли... Движения небесных тел, вообще говоря, происходят гораздо правильнее, чем движения, замечаемые на Земле; ибо, так как тела небесные совершеннее всех других тел, то им приличествует самое правильное движение, и вместе с тем самое простое, а такое движение может быть только круговым, потому что в этом случае движение бывает вместе с тем и равномерным. Небесные светила движутся свободно подобно богам, к которым они ближе, чем к жителям Земли; поэтому светила при движении своем не нуждаются в отдыхе и причину своего движения заключают в самих себе. Высшие области неба, более совершенные, содержащие в себе неподвижные звезды, имеют поэтому наиболее совершенное движение — всегда вправо (с востока на запад). Что же касается до части неба, ближайшей к Земле, а поэтому и менее совершенной, то эта часть служит местопребыванием гораздо менее совершенных светил, каковы планеты. Эти последние движутся не только вправо, но и влево, и притом по орбитам, наклоненным к орбитам неподвижных звезд. Все тяжелые тела стремятся к центру Земли, а так как всякое тело стремится к центру вселенной, то поэтому и Земля должна находиться неподвижно в этом центре».

Чтобы яснее представить себе идеи, положенные Аристотелем в основу его геоцентрической системы мира, необходимо учесть, что во времена этого философа прочно

утвердилось учение Эмпедокла (492—432 до хр. эры) о четырех «элементах» или «стихиях». Эмпедокл допускал существование четырех «первичных веществ», а именно: земли, воды, воздуха и огня, и считал, что от их смешения произошло «все», вся вселенная, т. е. все тела, встречающиеся на Земле и небе. Аристотель принял это представление, но к упомянутым четырем элементам присоединил пятый, резко от них отличный, элемент. По мнению Аристотеля, кроме четырех элементов или основных веществ, из которых составлены все земные предметы, имеется еще особый пятый элемент (по-латыни — *quinta essentia*, откуда и выражение «квинтэссенция»), эфир, из которого состоят небесные светила. При этом Аристотель говорил, что Земля, где царят четыре элемента, является миром тленным, т. е. миром постоянных превращений, вечного круговорота рождения и смерти, произрастания и увядания; наоборот — небо, состоящее лишь из одного эфира, есть нетленный мир, служит местопребыванием всего совершенного. Словом, небесные тела об-
являлись принципиально отличными от земных, «элементарных» тел.

Все тяжелое, с этой точки зрения, стремится к центру вселенной, имеющей шарообразную форму, и скопляется вокруг него, образуя шарообразную массу. Поэтому Земля, как наиболее тяжелый из всех элементов, находится в центре вселенной, и для астрономии возможна, стало быть, одна только геоцентрическая точка зрения.¹

Что же касается более легких элементов, то они находятся в последовательно расположенных друг над другом слоях, именно: земной шар окружает вода, над водой находится воздух, а над воздухом — огонь, который является самым легким из четырех элементов и занимает все пространство от Земли до Луны. Над огненной оболочкой расположены звезды, состоящие из чистого эфира. Звезды являются наиболее совершенными мировыми телами, при-

¹ Защищая эту точку зрения, Аристотель между прочим привел следующий (весьма характерный для его способа мышления) аргумент: «Все божественное одарено вечным движением; небу присуще это качество, ибо оно тело божественное, и вот почему оно имеет сферическую форму, которая по самой своей природе вечно круговращается. Но как же объяснить, что не все тело неба находится в движении? Это потому, что всегда одна часть круговращающегося тела необходимо должна оставаться на одном месте и в покое; и это именно та часть, которая находится в центре. Невозможно, чтобы в небе какая-нибудь часть оставалась неподвижною, ибо тогда она будет направляться к центру; а так как естественное движение неба есть круговое, то движение к центру не будет вечным. Все, что против природы, не может продолжаться вечно и есть только уклонение от того, что естественно. Следовательно, Земля необходимо должна быть в центре и оставаться там в покое».

чем они очень удалены от Земли и нисколько не подвержены тлетворному влиянию элементарных земных тел. Солнце, Луна и планеты тоже состоят из эфира, но чем ближе к Земле, тем эфир менее «чист», менее совершенен, и это сказывается на характере движения небесных светил, на форме их путей.

Материя, с этой точки зрения, расположена сферически, причем все тела падают по направлению к центру Земли, так что слово «вниз» означает — к центру вселенной, слово «вверх» — к окружающей небесной сфере. А эта сфера, как мы уже видели, является пространственно ограниченной: за ее пределами нет ничего...

Подобно делению всей вселенной на две строго отличные друг от друга части, движения также разделяются Аристотелем на две группы: несовершенные и совершенные.

Все движения земных элементов относятся к группе несовершенного движения, причем они характеризуются прямолинейностью. Они совершаются в направлении «естественных мест» четырех элементов, прямолинейно вниз или вверх, в зависимости от того, является ли тело тяжелым или легким; тело движется до тех пор, пока не найдет места, где может оставаться в покое. Все тяжелые «элементарные» тела имеют стремление книзу; от этого стремления их можно удержать лишь временно, применяя какие-то силы. Земля, как самый тяжелый элемент, не только находится в центре вселенной, но и покоится в нем, т. е. совершенно не обладает собственным движением (последнее могло бы поддерживаться лишь временно, чтобы затем прекратиться).

Что же касается эфира, то он обладает совершенным движением, отличным от движения четырех элементов. Эфир, по Аристотелю, не имеет своего «естественного места» и может двигаться по самому совершенному пути — по кругу и с абсолютной правильностью.

Аристотель был учеником Платона (429—347 до хр. эры), который пользовался в древнем мире большим авторитетом. Стараясь создать простую геометрическую схему движения небесных тел, Платон поставил перед астрономами задачу — объяснить все движения небесных тел как движения круговые и притом равномерные, т. е. происходящие с постоянной скоростью. Эта мысль послужила началом развития так называемой теории эпициклов и она оказала в общем довольно отрицательное влияние на развитие науки о небе. В ней заключалась такая предвзятость, которая чрезвычайно глубоко проникла в умы греческих философов, астрономов, физиков и т. д.

Никому в голову не приходила мысль о возможности отступления от положения о равномерно-круговом движе-

нии небесных светил. Представление это вытекало не из наблюдений (наблюдения Солнца, Луны и планет этому противоречат), а из чисто философских соображений. Оно возникло из идей пифагорейцев (влияние пифагореизма на Платона было весьма значительно) о гармонии в космосе, и отступление от него после Платона казалось нелепостью, совершенно противной разумному, целесообразному, божественному устройству мира. Считали, что движения, происходящие в небесном пространстве, целесообразны и, следовательно, должны быть совершенны и неизменны, а таковыми могут быть лишь движения круговые и равномерные.

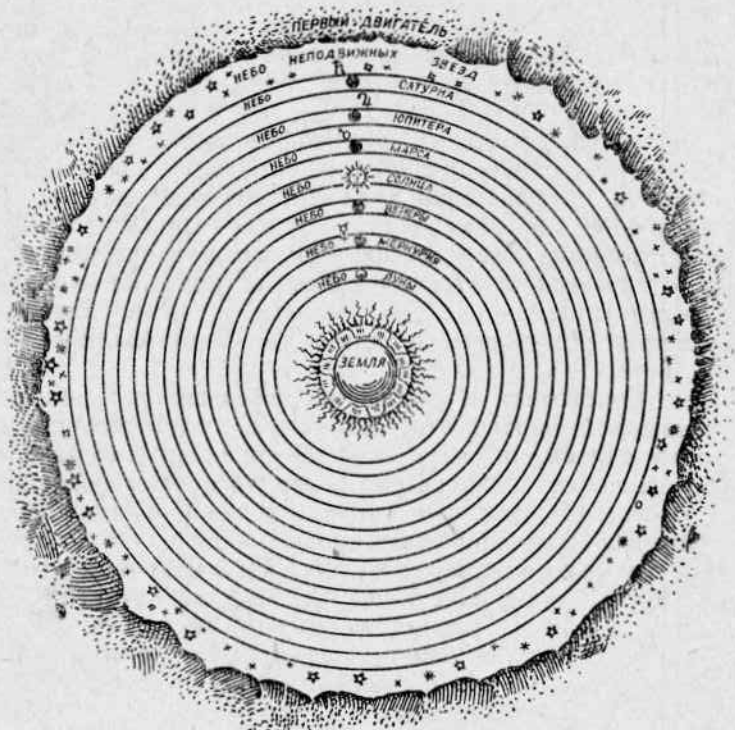
Словом, для греческих философов и ученых было аксиомой, что только равномерно-круговое движение, не знающее ни приближения к центру, ни удаления от него, ни ускорения, ни замедления, может «приличествовать» безостановочному бегу светил. Как мы в дальнейшем убедимся, отказаться от этого древнего астрономического догмата было трудно даже тем ученым, которые решительно отвергали представление о Земле, как неподвижном средоточии мира.

Идеи Аристотеля о движении небесных тел находятся в неразрывной связи с этим догматом. Аристотель вслед за Платоном считал, что круг есть совершенная фигура и круговое движение отличается равномерностью. Движения звезд, состоящих из чистого эфира, вечны и неизменны, причем они могут совершаться только кругообразно и равномерно вокруг неподвижного мирового центра — земного шара. Что же касается Солнца, Луны и планет, расположенных в тех областях неба, где эфир (вследствие близости к огню и другим элементам) менее чист, то эти небесные тела движутся по кругам, но неравномерно и не всегда в одном и том же направлении.

Таким образом, Аристотель учил, что все части неба находятся в вечном движении. Одна только Земля «очевидно находится в покое», пребывая в центре небесной сферы. Он говорил, что «веским аргументом неподвижности земного шара служит то, что Земле свойственно состояние покоя и что она естественно находится в равновесии», т. е. что она не имеет причины покидать своего «естественного места». Что же касается причины движения светил вокруг Земли, то по Аристотелю здесь все дело лишь в том, что это движение весьма «естественно», ибо окружность есть наиболее совершенная линия, а светила сами по себе совершенны, так что они должны описывать окружность.

Вместе с тем Аристотель объявлял, что может суще-

ствовать только один мир. Ведь если элементы всюду одинаковы, то все они стремятся к одному центру (занять свое «естественное место»), т. е. как существует только один мировой центр, так может существовать только и один мир. Далее, Аристотель подчеркивал, что движение мира только тогда возможно, когда существует точка покоя, на которую это движение некоторым образом опирается и что



Фиг. 8. Аристотелевская система мира. Вокруг неподвижной Земли, образующей центр мира, расположено восемь соприкасающихся «небес», которые приводятся в движение особой сферой — «первым двигателем».

такой именно точкой является земной шар. Наконец, в подтверждение нетленности одаренных круговым движением небесных тел, он приводил следующее: «В длинном ряде времен, согласно передаваемому из рода в род преданию, малейшей перемены на небе, наблюдаемом до последних пределов, не замечено ни в целом, ни в какой-либо его части». Аристотель заключал, что небо вечно и совершенно и что по этой именно причине «все люди, и греки и варвары, если только они имели какое-нибудь понятие о божестве, помещали сюда обиталища богов, которым поклонялись».

Таким образом, Аристотель построил геоцентрическое учение о вселенной, которое имело очень законченный вид и выражало общее мнение большинства ученых древности, так как заключало в себе наиболее распространенные представления того времени. В этом учении Аристотель уничтожил противоположность верха и низа и вместе с тем ввел противоположность земного и небесного, несовершенной и совершенной формы, вечности и возникновения, подвижности и неподвижности, тяжести и легкости и т. д. Все эти противоположности вытекали из того, что всю вселенную Аристотель резко разграничил на две части: на элементарную (земную, несовершенную) и эфирную (небесную, совершенную).

В основу своей физики Аристотель также положил противоположность «естественных» и «насильственных» движений. Естественным движением он считал движение, соответствующее природе вещей (например, движение камня вниз), насильственным — движение противоположное (движение камня вверх). При этом он полагал, что насильственные движения не сохраняются и в конце концов исчезают сами собой, уступая место естественным движениям.

Влияние великого Стагирита длилось около двух тысяч лет и в течение значительной части средних веков этот философ считался непререкаемым авторитетом; так, Данте называл его «учителем тех, кто занимается наукой». Его взгляды настолько глубоко проникли в умы ученых, что даже Коперник, решительно отбросивший аристотелевский геоцентризм, не в состоянии был освободиться от идей его физики.

Аристотель — энциклопедический ум, давший весьма широкое, почти всеобъемлющее обобщение греческой науки. Но он был непоследовательным мыслителем, колебавшись между материалистическим и идеалистическим мировоззрением (несмотря на то, что немало сделал для подрыва основ идеализма). Средневековая поповщина взяла его идеалистические идеи и приспособила их к интересам защиты религии, идеологии феодальных классов. Эти идеи сделались знаменем реакции.

По меткой характеристике Ленина, «поповщина убила в Аристотеле живое и увековечила мертвое».¹ Поэтому когда под влиянием Бруно, Галилея и других крупных мыслителей разразилась буря против Аристотеля, то это было необходимым условием для развития науки, становившейся на путь материалистического понимания природы. Однако эта буря не столько относилась к самому Аристотелю, сколько к его средневековым

¹ Философские тетради, 1934, стр. 331.

последователям и комментаторам (схоластам), которые старались прикрыть его авторитетом свои «душеспасительные» фантазии.

IV. СИСТЕМА СФЕРИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ

Как мы уже знаем, «небесную гармонию» нарушают планеты, которые блуждают по небу, то продвигаясь вперед, то пятясь назад. Это обстоятельство ставило втупик древних мыслителей, полагавших, что божественным небесным телам «не приличествует» совершать неправильные, несовершенные движения. Поэтому они прибегали к различным головоломным ухищрениям для объяснения двоякого рода особенностей, т. е. неравенств или неправильностей, которые древние наблюдатели открыли в движении планет.

Первый ряд этих особенностей заключается в том, что движение планет по их путям происходит неравномерно, не с одной и той же скоростью. Эта скорость заметно изменяется, и такое явление древние астрономы называли первым неравенством в движении планет.

Но особенно бросаются в глаза те особенности в движении планет, которые древние астрономы называли вторым неравенством в движении планет. Эти неправильности состоят в том, что планеты совершают также обратные движения и «завязывают» узлы или петли в то время, когда прямое движение планеты меняется на обратное, или обратное на прямое. Происходит это каждый раз в различных частях небосвода, и в результате движение планет кажется нам очень сложным, — оно напоминает круг с целым рядом завитушек.

Первое неравенство (как это доказал Кеплер) происходит от того, что планеты движутся около Солнца не по круговым, а по эллиптическим линиям, и вследствие этого планеты в различных точках своего пути в действительности имеют различные скорости. Причина же второго неравенства заключается в том, что (как это показал Конерник) мы наблюдаем планеты с Земли, которая не находится в покое, а вместе с планетами движется около Солнца. Но древние астрономы считали Землю важнейшим телом вселенной, ради которого созданы все остальные тела. К тому же они верили, что бог должен был устроить вселенную так, чтобы все тела двигались по самым «совершенным» кривым — по окружностям кругов. Поэтому задача древних астрономов состояла в том, чтобы геометрически представить наблюдаемые движения Солнца, Луны и планет, исходя из допущения, что движения эти проис-

ходят вокруг неподвижной Земли и совершаются по кругам с неизменной скоростью.

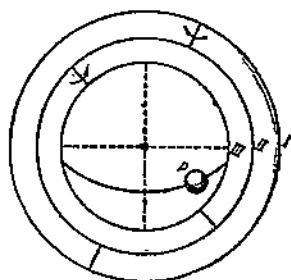
Ничто так не вредило успехам астрономии, ничто так не запутывало древнее учение о движении небесных тел, как представление о равномерно-круговом движении. Когда становилось ясно, что это представление противоречит наблюдаемым явлениям, пытались придумывать новые движения, более сложные, но все-таки составленные из ряда круговых и равномерных движений. Для разрешения этой задачи древними астрономами предложены были три теории: представление о концентрических сферах, представление об эксцентрических кругах и, наконец, представление об эпициклах. Древнейшей из этих теорий является «система сфер», изобретенная учеником Платона, астрономом Евдоксом (408—355 до хр. эры), и усвоенная Аристотелем в его геоцентрическом учении о мире.

Так как обычный опыт свидетельствует о том, что все тела падают, то древние не могли себе представить, чтобы небесные тела «висели» в пространстве без всякой опоры; мысль о том, что эти тела свободно движутся в небесном пространстве, казалась им нелепой. Еще Анаксимену (около 550 г. до хр. эры) приписывается мнение о том, что «наружное небо — твердое, хрусталевидное, а звезды вбиты в его сферическую поверхность, как гвозди». Теория Евдокса связана с этим представлением о вещественном и твердом небесном своде, так как она говорит о гомоцентрических сферах, т. е. о концентрических прозрачных шарообразных чашах, охватывающих расположенную в центре Землю и вращающихся с постоянной скоростью. Евдокс утверждал, что неподвижные звезды имеют свою общую вращающуюся сферу и в пределах этой сферы не меняют своего взаимного положения, а Луна, Солнце и пять планет имеют свои собственные сферы, в которых они и движутся.

Для объяснения неравномерностей в движениях Луны, Солнца и планет Евдокс наделил каждое из этих светил не одним, а целым рядом равномерно вращающихся со всевозможными скоростями сфер, оси которых наклонены друг к другу под различными углами. К оси первой наружной вращающейся сферы под некоторым углом укреплена ось другой сферы, концы которой опираются на поверхность первой сферы; третья ось (третьей сферы) имеет точки опоры на второй сфере и т. д. Каждая из сфер вращается равномерно в свойственном ей направлении, причем чем неправильнее видимое движение небесного тела, тем больше сфер имеет это тело. Из совокупности вращательных движений всех шаровых оболочек в раз-

личных направлениях и складывается, по этой теории, сложное видимое движение столь причудливо укрепленного небесного светила.

Вообразим две такие сферы и допустим, что внутренняя сфера связана с небесным светилом и что она движется в направлении противоположном внешней. В таком случае светило будет казаться нам движущимся по кривой линии,



Фиг. 9. Три гомоцентрических или концентрических сферы, при помощи которых Евдокс объяснил движение Луны, а также Солнца. I, II, III — сферы, P — небесное тело.

похожей на восьмерку. Если добавить третью сферу, охватывающую эти две сферы и вращающуюся в направлении первой из них, то светило будет казаться движущимся по восьмерке, переносимой к востоку, т. е. приблизительно в том виде, в каком происходит движение планет. Словом, в результате сочетания вращательных движений многих сфер можно, по Евдоксу, получить прямые и обратные движения планет, т. е. разложить их видимые сложные движения на комбинацию простых вращений сфер.

Для объяснения видимого движения Луны по небесному своду

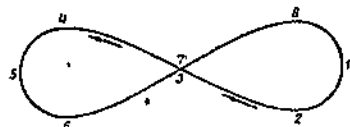
Евдокс принял три концентрических сферы. Он предположил, что первая, внешняя сфера совершает полный оборот вокруг оси мира в течение суток с востока на запад; вторая, средняя сфера, вращается в обратном направлении вокруг оси, перпендикулярной к плоскости эклиптики, в течение 18 лет 230 дней; третья, самая внутренняя сфера движется вокруг оси, перпендикулярной к плоскости лунной орбиты, в течение 27 дней. Вращательное движение первой сферы сообщается второй, а вращение второй в свою очередь передается первой, а затем третьей. Таким образом, если поместить Луну где-нибудь на экваторе самой внутренней (третьей) сферы, то в результате этого тройного движения действительно получится сложный видимый путь Луны на небесном своде. Иначе говоря, путем сочетания равномерных движений трех сфер (соответственно суточному, месячному и колебательному — около эклиптики — движениям) можно более или менее удовлетворительно объяснить главные особенности, неравномерности в видимом движении Луны, известные греческим астрономам.

Для Солнца, как и для Луны, движущихся всегда в одном направлении, Евдокс принял три шаровых оболочки;

а для каждой планеты — по четыре сферы. Первая сфера предназначалась для суточного движения совместно с неподвижными звездами, вторая — для изменения долготы, т. е. вдоль эклиптики, третья — для изменения широты, т. е. перпендикулярно эклиптике и четвертая — для обратного, попятного движения планеты. Следовательно, для обращения Солнца, Луны и планет, независимо от сферы неподвижных звезд, пришлось допустить существование 26 сфер. Если прибавить к этому сферу неподвижных звезд, то получится, что для объяснения движения всех небесных тел Евдоксу понадобилось 27 сфер.

Эта система мира, старавшаяся дать научное объяснение «неравенств» в движениях светил, была усовершенствована Калиппом, учеником Евдокса и другом Аристотеля. Но Калиппу понадобилось еще 7 сфер, он увеличил число прозрачных шаровых оболочек до 34, и это, конечно, сделало весь механизм чрезвычайно сложным. Ведь, чтобы представить себе такой «механизм» действительно существующим, приходилось прибегать к кристаллическим (твердым) прозрачным сферам, соединенным для каждого небесного тела в особую систему.

Некоторые ученые высказали взгляд, что Евдокс и Калипп представляли себе эти сферы не реально существующими образованиями, а лишь чисто геометрическими построениями, объясняющими небесные движения так, как если бы были такие сферы. Другими словами, эти сферы являются «вспомогательными средствами» для разложения сложных и запутанных движений на равномерно-круговые составляющие. Но с этим мнением трудно согласиться, так как очень мало вероятно, чтобы эти древнегреческие астрономы смотрели на научные теории глазами Маха и других современных эмпириокритиков.¹ Верно лишь



Фиг. 10. Видимый путь планеты по Евдоксу. В результате сочетания движения сфер получается прямое и обратное видимое движение планеты, т. е. в разные времена она описывает неравные дуги (1—2, 2—3, 3—4 и т. д.) в указанном стрелкой направлении.

¹ Странники этого идеалистического философского течения, окончательно опровергнутого Лениным в его книге «Материализм и эмпириокритицизм», уверяют, что наука не объясняет, а лишь описывает явления. Они смотрят на научные теории не как на попытку объяснить природу, понять природу вещей, а лишь как на математические фикции, полезные для вычислений, удобные для обобщения известных фактов и т. д. Ниже мы увидим, что в сущности на такой точке зрения стояли богословы, заявлявшие, что система Коперника представляет собой не картину действительности, а лишь геометрическое построение, облегчающее астрономические вычисления (см. гл. XVI).

то, что Евдокс ничего не говорил о механизме, связывающем эти сферы и приводящем их во вращение (да и что он мог об этом сказать?), как будто бы он приписывал этим сферам не материальное, а математическое значение.

Аристотель присоединил к своей системе мира теорию планетных движений Евдокса и Калиппа, он прибавил еще 22 сферы, так что их число стало равным 45, и считал их физически реально существующими. Выходит, таким образом, что у Аристотеля вокруг Земли обращаются не звезды и планеты, а те сферы, к которым прикреплены эти небесные тела, причем всякая планета, Солнце и Луна имеют собственную систему прозрачных сфер. Правда, для обозначения сфер Аристотель не употреблял названия — хрустальный свод, но говорил о «прикрепленных» небесных телах, конечно, предполагающих понятие о сферах, совершающих свое обращение около неподвижной Земли.

Следовательно, по Аристотелю, небо фактически состоит из замыкающих друг друга прозрачных твердых шаров, т. е. материя расположена во вселенной сферическими концентрическими слоями, причем эти сферы взаимно сообщают друг другу свои движения. Звездная сфера только одна (ибо она состоит из совершенного эфира), причем этот далекий шар совершает суточные обороты вокруг оси мира, увлекая за собой все внутренние сферы, вследствие чего все небесные тела ежедневно восходят и заходят. За этой сферой — «сферой неподвижных звезд» — Аристотель поместил «перводвигатель» (*primum mobile*), т. е. особую вращающуюся сферу, которая приводит в движение все остальные. Что же касается порядка расположения остальных светил, то он у Аристотеля таков: Сатурн, Юпитер, Марс, Солнце, Венера, Меркурий, Луна, причем все эти тела разделяются только толщиной своих сферических оболочек, вращающихся тем скорее, чем больше их радиус, т. е. чем ближе они к звездной сфере.

Крайняя сложность этого механизма привела к тому, что даже древняя астрономия в конце концов отказалась от сфер Евдокса, Калиппа и Аристотеля, заменив их системой круговых путей. Эта система, известная под названием теории эпициклов, выдвинута была Аполлонием и была известна Гиппарху, но нашла свое законченное развитие около 130 г. хр. эры у Птолемея, вследствие чего ее называют также птолемеевой системой мира. Она пытается объяснить движение планет со всеми их характерными особенностями (прямым и понятным движением, остановками и петлями) при помощи эксцентриклов, деферентов и эпициклов, основываясь на том же принципе равномерно-круговых движений.

Не следует забывать, что свою задачу древние астроно-

мы видели в том, чтобы объяснить видимые неправильности в движениях небесных тел, принимая, что на самом деле светила имеют круговое равномерное движение, а видимые от него отступления («неравенства») суть только кажущиеся, зависящие от условий наблюдения. С другой стороны, для древних астрономов важно было лишь вычислить направления, в которых должны быть видимы светила, так как они не могли определить расстояния и их изменения. Проще всего было вычислить равномерное круговое движение, и поэтому попытки определить теоретически направления на светила шли у Птолемея, как и у других древних астрономов, в сторону применения равномерных круговых движений. В связи со всем этим геоцентрическая птолемея система мира может быть названа не небесной механикой, а небесной геометрией или точнее «небесной кинематикой».

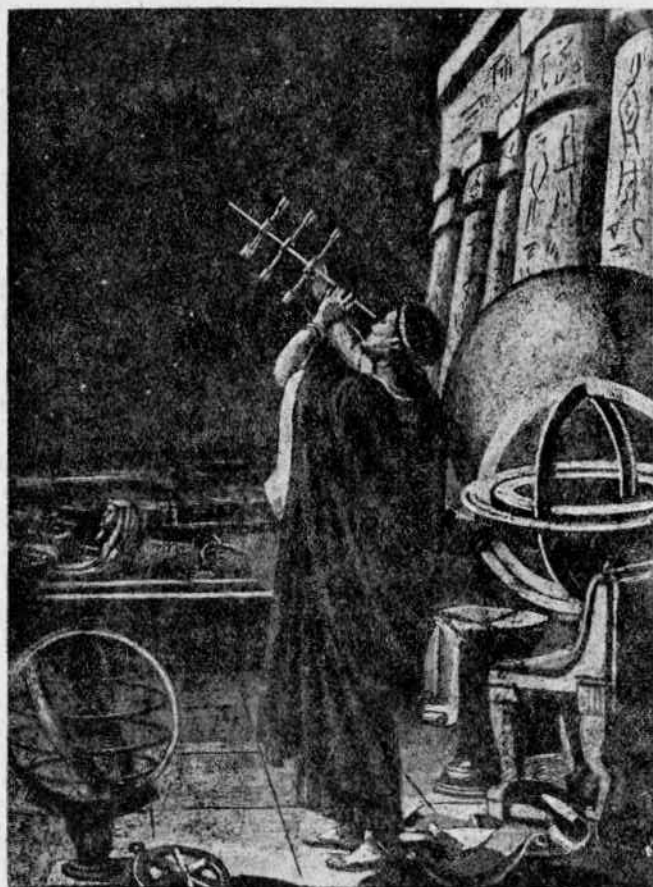
Выше мы отметили, что хотя система Евдокса в общих чертах представляла движение светил, она была слишком громоздка для вычислений и поэтому была заменена системой Птолемея. Но интересно то, что когда выяснилась несостоятельность птолемея теории эпициклов, появилась попытка возродить теорию гомоцентрических сфер Евдокса. Так, Фракасторо, современник Коперника, в 1538 г. в своей книге «Гомоцентрики» отказался от эксцентриков и эпициклов, но зато ввел 79 сфер (из которых шесть предназначались для звезд). Значит его система мира была еще сложнее системы Аристотеля и, следовательно, она являлась шагом назад. Она не приобрела сторонников и это свидетельствовало о несостоятельности геоцентризма.

V. ДВИЖЕНИЕ ПО ЭКСЦЕНТРИЧЕСКИМ КРУГАМ

Прежде чем перейти к изложению системы Птолемея, необходимо отметить, что со смертью Аристотеля закончился классический период греческой философии и наступила новая эпоха научной деятельности, называемая Александрийской школой. По планам Александра Македонского древний Вавилон в Азии и вновь основанная Александрия в Египте должны были стать, наряду с Афинами в Европе, культурными центрами и, способствуя созданию более тесной связи с вавилонской и египетской науками, повести греческую философию к новому расцвету. Но вскоре Вавилон совершенно утратил свое значение, Афины начали все более и более клониться к упадку и их место заняла Александрия, ставшая одним из крупнейших торговых пунктов античного мира. К тому же египетские фараоны династии Птолемея основали в Александрии богатейшую

библиотеку, которая привлекла ученых из всех стран и превратила этот город в духовный центр и средоточие научных устремлений всего тогдашнего мира.

Наиболее плодотворным в научном отношении был первый период деятельности Александрийской школы, когда



Фиг. 11. Древний астроном Александрийской обсерватории, наблюдает расположение небесных светил.

астрономы, начав точно и систематически определять положение небесных тел с помощью измерения углов, сделали целый ряд открытий, которые дали науке о небе возможность перейти в новую фазу.

Быстрое развитие астрономии в течение первого периода Александрийской школы объясняется широким раз-

витием торговых отношений, центром которых была Александрия. Купцы, перевозившие товары морем, не могли уже довольствоваться примитивными географическими картами и нуждались в точном способе определения местонахождения судна в любое время. Этот способ давала астрономия.

Важнейшими астрономическими достижениями этого периода были: во-первых, сделанная Аристархом первая попытка, на основе геометрических соображений и при помощи специально с этой целью поставленных наблюдений, определить расстояние от Солнца до Луны, а также и истинные размеры этих тел; во-вторых, сделанная Эратосфеном первая и весьма удачная попытка определения окружности земного шара при помощи наблюдений, произведенных по разработанному заранее плану; в-третьих, произведенное Аристиллом и Тимохарисом первое определение, при помощи угломерных инструментов, положения неподвижных звезд на небесном своде и связанное непосредственно с этим составление звездного каталога.

Эти значительные научные и культурно-исторические достижения были началом нового расцвета астрономии в древней Греции, который связан с именем Гиппарха. Его деятельность относится приблизительно к 160—125 гг. до хр. эры. Этот ученый, о жизни которого нам известно очень мало, образует вместе с Аристархом и Птолемеем блестящее «тройное созвездие» древней астрономии. Гиппарх был величайшим из астрономов древности, так как он первый поставил астрономические исследования на строго научную почву и тем заслужил почетное имя «отца научной астрономии». Гиппарх стремился установить законы небесных явлений на основании тщательно проверенных наблюдений и, исходя из этих законов, создать астрономические таблицы, позволяющие строго математически вычислить положение Солнца, Луны и планет для любого момента.

Ему, однако, не удалось освободиться от взглядов, унаследованных от Платона и Аристотеля. Он продолжал рассматривать Землю как покоящееся центральное тело вселенной и придерживаться представления о «совершенстве» небесных тел и их движений, и поэтому пути Солнца, Луны и планет, по его мнению, могли быть лишь круговыми. Но Гиппарх не ограничивался допущением, что небесные тела движутся по кругам и равномерно, а старался определить величину радиусов этих кругов, соотношение между орбитами небесных светил и место, которое должно занимать центральное тело внутри орбиты, для того чтобы вычисленные положения светила оказались в согласии с данными наблюдений.

Новым по сравнению с Аристотелем было объяснение аномалий («неравенств») в видимых путях Солнца, Луны и планет среди звезд с помощью так называемых эксцентрисических кругов или эксцентриков.

Определяя, путем очень тщательных наблюдений, промежутки времени между моментами равноденствий и солнцестояний, Гиппарх нашел, что Солнце перемещается между звездами не вполне равномерно — то несколько быстрее, то несколько медленнее. Он подсчитал, что продолжительность весны равна приблизительно $94\frac{1}{2}$ дня, лета — $92\frac{1}{2}$ дня, осени — 88 дней и зимы — 90 дней, и сделал отсюда вывод, что Солнце перемещается среди звезд быстрее всего зимой и медленнее летом. Именно, летнюю половину полной окружности, т. е. промежуток времени от точки весеннего до точки осеннего равноденствия, Солнце проходит приблизительно в 187 дней, в то время как зимнюю половину эклиптики, т. е. путь от точки осеннего до точки весеннего равноденствия, оно успевает пройти приблизительно в 178 дней, т. е. почти на 9 дней быстрее.

Эту довольно значительную разницу («аномалию») можно было объяснить тем, что Солнце движется не по кругу, или же тем, что движение Солнца совершается равномерно по кругу, но Земля не находится в центре этого круга. Гиппарх принял вторую гипотезу, допустив эксцентрическое положение Земли относительно солнечной орбиты, т. е. он высказал предположение, что Солнце движется вокруг Земли по эксцентрической орбите. Иначе говоря, этот астроном заключил, что Земля находится не в центре круга, описываемого Солнцем, а что она несколько смещена в сторону от центра.

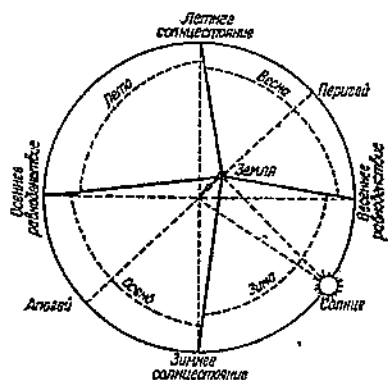
Однако решившись на этот важный шаг, т. е. «сдвигая» Землю со своего «почетного места», Гиппарх своей гипотезой поддерживал мнение о «совершенстве» солнечного движения, его равномерно-круговом характере. Неравномерность движения Солнца признавалась лишь ил^ю з^о р^н ы^м я^в л^е н^и е^м, кажущимся таким потому, что мы видим Солнце не из центра солнечной орбиты.

Наблюдения показывают, что 1 января Солнце перемещается в сутки на $61,2'$, а 1 июля — на $57,2'$, причем в первом случае видимый диаметр Солнца больше, чем во втором. Значит расстояние Солнца от Земли меняется в течение года, причем Солнце кажется нам движущимся с изменяющейся скоростью вследствие эксцентрического положения Земли: мы видим его перемещающимся быстрее, когда оно ближе к Земле и медленнее — когда оно дальше от нее.

Таким образом, хотя Гиппарх принимал Землю непод-

вижной и допускал равномерно-круговое движение светил, он в сущности открыл, что Земля не всегда находится на одинаковом расстоянии от Солнца, причем она движется быстрее, находясь ближе к Солнцу (зимой), и замедляет движение, удаляясь от него (летом). Только это движение он, в соответствии с геоцентрическим учением, отнес не к Земле, а к нашему центральному светилу — Солнцу.

Частное от деления расстояния Земли от истинного (геометрического) центра солнечной орбиты на радиус этой орбиты Гиппарх назвал «эксцентриситетом». Величину эксцентриситета он нашел равной $1/24$ радиуса солнечной орбиты. Другими словами, Гиппарх пришел к заключению, что Земля помещена в стороне от центра солнечного круга на расстоянии, равном одной двадцать четвертой доле его радиуса.¹ Это дало ему возможность определить место солнечного «перигея» и «апогея», т. е. те точки на орбите, которые наименее и наиболее удалены от Земли. В результате Гиппарху удалось составить солнечные таблицы, позволяющие заранее определить положение дневного светила в любой день года.



Фиг. 12. Объяснение неравномерного движения Солнца по Гиппарху. Центр солнечного движения находится в точке пересечения пунктирных линий, а сплошные линии сходятся в центре Земли. Движение Солнца должно казаться более быстрым, когда оно идет по части круга, к которой Земля стоит ближе, и медленнее в противоположной части.

Что же касается Луны, то уже давно были известны аномалии ее месячного движения, проявляющиеся, между прочим, в различии промежутков времени между ее последовательными главными фазами и в изменении ее видимого диаметра. Все это говорило о том, что Луна, подобно Солнцу, перемещается между звездами не с одинаковой скоростью и что расстояние ее от Земли меняется в некоторых пределах. Эту главнейшую неравномерность лунного движения Гиппарх также объяснил эксцентрисичностью пути Луны. Вычислив элементы этого пути (экс-

¹ Впоследствии оказалось, что эта величина должна быть уменьшена на $1/6$. Но эта ошибка, вызванная недостаточностью способов наблюдения того времени, несколько не понижает заслуг Гиппарха.

центриситет, наклонение к плоскости эклиптики и пр.), ему удалось для Луны составить такие же таблицы, как и для Солнца; по ним не трудно было определить положение Луны на небосводе для любого момента.

Эксцентричностью положения Земли внутри орбиты небесных светил Гиппарх пытался объяснить особенности сложных путей планет на небосводе, выражающиеся в изменении скорости движения и образовании петель. Но уже сам Гиппарх вынужден был констатировать, что одного только перемещения Земли на некоторое расстояние от центра планетных путей недостаточно для решения этой весьма трудной задачи.

В связи с этой неудачей, чрезвычайно добросовестный Гиппарх, судя по замечанию Птолемея, «не сделал других попыток объяснения движения планет, а довольствовался приведением в порядок до него сделанных наблюдений, присоединив к ним еще гораздо большее количество своих собственных, и ограничился указанием своим современникам на неудовлетворительность всех гипотез, при помощи которых некоторые астрономы думали объяснить движение небесных светил». А благодаря этому астрономы в конце концов пришли к способу эпициклов, который нанес окончательный удар мнимым твердым сферам, к которым Евдокс и другие прикрепляли небесные тела.

Заметим, между прочим, что если бы древние астрономы могли производить точные наблюдения, то они бы заметили, что представление о движении по эксцентрикам недостаточно для объяснения так называемого первого неравенства в движении планет. Дело в том, что видимый диаметр светила изменяется обратно пропорционально расстоянию его от Земли, т. е. чем дальше оно от нас, тем меньше его видимый диаметр. На основании теории эксцентрических кругов нетрудно вычислить, что разность между наибольшей и наименьшей величинами видимого диаметра Луны должна доходить до 9'. На самом же деле эта разность гораздо меньше, — она составляет только 4'. Но древние астрономы не занимались измерением диаметра Луны, а поэтому не заметили, что изменение этого диаметра не согласуется с их представлением о движении планет.

Наблюдательные средства древних были недостаточны, для того чтобы более или менее точно определить расстояния светил от Земли. Неудивительно поэтому, что Евдокс, Гиппарх, Птолемей и другие астрономы находились в полном неведении относительно этого важного вопроса. А поэтому истинное устройство вселенной осталось для них неразгаданным.

VI. ТЕОРИЯ ЭПИЦИКЛИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ

Теория так называемых вторичных кругов или эпициклов обыкновенно приписывается Клавдию Птолемею (70—147 гг. хр. эры), хотя этот тщательный наблюдатель и вдумчивый мыслитель не является ее основателем. Зачатки этой теории, т. е. мысль, что движения небесных тел могут быть представлены комбинацией однообразных круговых движений, не были чужды Гиппарху. Из слов самого Птолемея видно, что еще до Гиппарха



Фиг. 13. Клавдий Птолемей (как он чаще всего изображается).

знаменитый математик Аполлоний Пергский (250—205 гг. до хр. эры) прибегал к способу эпициклов для объяснения второго неравенства, т. е. стояний и попятного движения планет. Но хотя Птолемей не является творцом метода эпициклов, он глубоко и обстоятельно разработал этот способ. Мысль Гиппарха о создании астрономической системы, объясняющей движения всех небесных тел, нашла в его лице весьма последовательного сторонника. Поэтому та картина мира, которую отстаивал Птолемей, называется птолемеевой системой мира, несмотря на то,

что она постепенно создавалась мыслителями греческого мира.

Цель птолемеевой системы — дать возможность вычислить положения небесных тел на небесной сфере для любого момента. В общем эта система представляет собой чрезвычайно остроумную и математически изящную теорию запутанного видимого движения планет, основанную на приеме сложения двух или более круговых движений.

Сущность этой теории состоит в следующем. Все планеты равномерно движутся по особым кругам, названным эпициклами. Центр каждого эпицикла в то же время скользит также с постоянной скоростью по окружности другого, гораздо большего круга, названного деферентом (кругом «управляющим», уносящим). При этом Птолемей допускал, что Земля не находится в геометрическом центре деферента, а лишь около него, так что деферент является эксцентрическим кругом, причем движение по деферентам и эпициклам происходит с запада на восток с постоянной скоростью, равномерно. Значит каждая планета как бы насажена на обод вращающегося колеса, центр которого в свою очередь обращается вокруг Земли, но только медленнее.

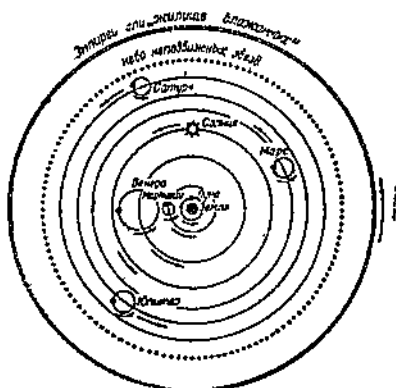
Простые эпициклы все же оказались недостаточными для объяснения всех особенностей (аномалий, неравенств) планетных путей, и Птолемей был вынужден придумать с этой целью крайне сложные схемы. Поэтому он сам заметил: «Легче, кажется, двигать самые планеты, чем постичь их сложное движение».

Эта сложность в конце концов явилась причиной падения системы Птолемея. Птолемей, как и все величайшие астрономы древности, не мог освободиться от укрепившихся идей Аристотеля о божественности, совершенстве и вечности небесных тел и их движений. Как мы потом увидим, даже Коперник продолжал держаться мнения, что планетные орбиты могут быть лишь круговыми, вследствие чего ему не удалось окончательно отказаться от эпициклов, полностью опровергнуть положения Птолемея. Это удалось только ярому коперниканцу Кеплеру, показавшему на основании наблюдений Тихо Браге, что планеты движутся не по круговым, а по эллиптическим орбитам.

Птолемей изложил астрономические (и вместе с тем тригонометрические) знания своего времени, значительно умножив и расширив их, в сочинении, которое по-гречески называлось «Мегалэ синтаксис» («Большое сочинение»). Оно сохранилось под искаженным арабским названием «Альмагест», потому что вначале оно стало известно лишь

по переводу с арабского языка. В этом же большом сводном труде, пользовавшемся в ученых кругах огромным авторитетом вплоть до времен Галилея и Кеплера, он подробно развил свою систему мира, сыгравшую исключительную роль в истории астрономии.

В основе этой системы мира лежит аристотелева физика: шарообразная Земля стоит неподвижно в центре вселенной, а вселенная пространственно ограничена, замыкается небесной сферой, которая вместе с находящимися на ней неподвижными звездами совершает суточное вращение. Между Землей и небом нет ничего общего, и поэтому, — говорил Птолемей, — «не должно сравнивать небесных тел с телами земными и судить о причинах, действующих на первые, по телам, с ними вовсе разнородными». Птолемей подчеркивал, что те, которые с трудом допускают, чтобы такое тяжелое тело, как Земля, могло держаться свободно и никуда не упасть, забывают что все падающие тела стремятся перпендикулярно к поверхности Земли и к ее центру или, что одно и то же, к центру вселенной. Но подобно тому как свободно падающие тела имеют стремление к центру мира, и Земля имела бы то же стремление, если бы она была сдвинута с этого центра.



Фиг. 14. Птолемеявская система мира с главными эпициклами, по которым движутся планеты. Средневековые богословы за небом неподвижных звезд помещали эмпирей или «жилище блаженных» — местопребывание бога, ангелов и прочих «небожителей»

Согласно системе Птолемея, вокруг покоящейся в центре вселенной Земли обращаются по порядку: Луна, Меркурий, Венера, Солнце, Марс, Юпитер и Сатурн. Птолемей указывал, что такой порядок приняли еще «древние математики», и что трудно окончательно решить, правилен ли такой порядок расположения светил вокруг Земли или нет. Он, правда, пытался дать объяснение такого расположения светил, но при этом не касался величины радиусов этих орбит, не приводил расстояний упомянутых небесных тел от Земли, так как, по видимому, не смог определить, во сколько раз, например, Сатурн дальше от Земли, чем Меркурий.

Он исходил из предположения, что чем медленнее движения планеты, тем дальше она от Земли, так что Луна

должна находиться ближе всех к нам, а Сатурн — дальше всех. Что касается Солнца, то оно должно быть дальше от Земли, чем Луна, потому что движение его медленнее и Луна часто покрывает собой Солнце, вызывая этим солнечные затмения. Орбиты Меркурия и Венеры Птолемей принял внутри солнечной орбиты, орбиты же Марса, Юпитера и Сатурна — вне солнечной орбиты, потому что первые две планеты всегда видны близ Солнца, а другие удаляются от Солнца на большие расстояния. Подобное распределение планет он оправдывал еще тем, что всего «приличнее» принимать столько же небесных тел над Солнцем (Марс, Юпитер и Сатурн), сколько и под ним (Луна, Меркурий и Венера).

Как мы уже отметили, теория эпициклов, исходя из допущения равномерно-кругового движения небесных тел, стремится прежде всего объяснить особенности в движении планет. Она обращает внимание на то, что при движении по эпициклу и центра эпицикла по деференту, направление движения планеты должно меняться. В этих переменах она и видит объяснение всех кажущихся неправильностей в движении планет.

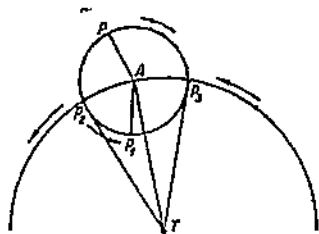
Когда движение планеты по эпициклу направлено в сторону движения центра эпицикла по деференту, наблюдателю с Земли должно казаться, что планета движется со скоростью равной сумме этих скоростей, так что в это время должно получиться прямое движение планеты. Наоборот, когда движения эпицикла и планеты направлены в прямо противоположные стороны, причем движение планеты по эпициклу быстрее движения центра эпицикла, наблюдателю с Земли должно казаться, что планета движется со скоростью, равной разности этих скоростей, и поэтому в это время планета будет казаться движущейся в обратном направлении. Наконец, в тех точках, где планета меняет направление своего движения, и скорость движения по эпициклу делается равной скорости движения центра эпицикла по деференту, планета с Земли должна некоторое время казаться остановившейся. После стояния планеты, видимая с Земли скорость ее движения по эпициклу превосходит скорость движения центра эпицикла, причем оба эти движения направлены в разные стороны, и наблюдателю с Земли кажется, что прямое движение планеты изменилось на обратное и что планета «завязала узел», описала петлю среди звезд.

Мы видим, таким образом, что при помощи теории эпициклов и деферентов удастся объяснить второе неравенство в движении планет, т. е. прямые и попятные движения планет и их стояние. Но интересно, что одновременно представить правильно и направления с Земли на

планеты и расстояния планет от Земли одними и теми же эпициклами нельзя.

Чтобы положения планет, вычисленные на основании теории эпициклов, согласовались с наблюдаемыми положениями, необходимо было знать радиусы эпициклов и деферентов и скорости движения. С этой целью Птолемей принял, что в периодах времени обращения по этим кругам есть различие для трех «верхних», т. е. далеких планет (Марса, Юпитера и Сатурна) и для двух «нижних», т. е. близких (Меркурия и Венеры). Все верхние планеты совершают полный оборот по окружности эпицикла в одинаковый промежуток времени, равный году, т. е. периоду, в течение которого Солнце возвращается к одним и тем же звездам. Наоборот, у нижних планет период обращения по эпициклу различен и равен промежутку времени, в течение которого планета возвращается к прежним звездам (Меркурий—88 дней, Венера—225). Точно так же Птолемей определял различно промежуток времени, в течение которого центр эпицикла совершает полный оборот по окружности деферента. Он допускал, что для Марса, Юпитера и Сатурна этот промежуток различен и равен тем периодом времени, в течение которого каждая из этих планет, описав полную окружность на небосводе, возвращается к прежним звездам (Марс—почти 2 года, Юпитер—12 лет, Сатурн—почти 30 лет). Что же касается других двух планет, Меркурия и Венеры, которые видны лишь недалеко от Солнца, то для них, наоборот, этот промежуток Птолемей считал одинаковым и равным году.

По системе Птолемея Земля занимает несколько эксцентрическое положение внутри деферента, а все плоскости деферентов проходят через центр земного шара и наклонены друг к другу под различными углами, равно как и плоскости эпициклов к соответствующим деферентам. Дело в том, что наблюдения какой-нибудь планеты, например Юпитера, показывают, что эта планета не движется в



Фиг. 15. Видимое движение планеты по Птолемею. А — центр эпицикла, по которому равномерно движется планета в том же направлении, что и деферент, движущийся вокруг земли Т. Когда планета находится в точке Р, ее движение с Земли будет казаться прямым, ибо движения по эпициклу и деференту направлены в одну сторону. При положении Р₁ движение планеты из точки Т будет казаться обратным, ибо движение по эпициклу направлено в обратную сторону. При переходе от одного движения к другому, в точках Р₂ и Р₃ планета будет казаться остановившейся.

плоскости эклиптики (т. е. того круга, по которому, нам кажется, движется Солнце), а бывает то к северу, то к югу от этого круга. Чтобы учесть это обстоятельство, Птолемей принял, что плоскости тех кругов, которые служат для объяснения видимого движения Юпитера и других планет, не совпадают с плоскостью круговой орбиты Солнца, а несколько наклонены к ней. Следовательно, чтобы на основании теории эпициклов воспроизвести движение какой-нибудь планеты со всеми ее петлями, надо не только подобрать соответствующим образом скорости движения планеты и центра эпицикла (т. е. радиусы деферента и эпицикла и времени обращения центра эпицикла по деференту и планеты по эпициклу), но и углы наклона плоскостей деферента и эпицикла к эклиптике.

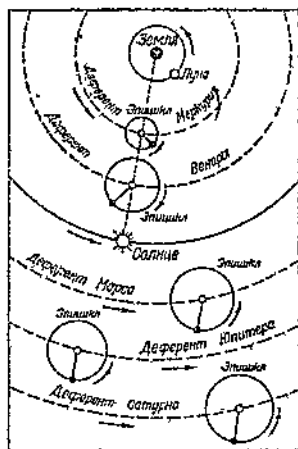
Итак, в движении планет были замечены некоторые особенности, для объяснения которых Птолемеем приходилось плоскость каждого эпицикла наклонять под различными углами как к плоскостям остальных эпициклов, так и к плоскости деферента. Таким образом получилась весьма сложная система взаимно наклоненных кругов. А если мы к тому же примем во внимание, что вследствие крайней сложности закона изменения скорости видимого движения планет, для каждой из планет пришлось ввести целый ряд эпициклов, то станет ясно, какой громоздкой и запутанной была птолемеева система мира.

Особенно важно то, что где одного эпицикла для объяснения движения небесного тела не хватало, там Птолемей считал возможным ввести целую комбинацию эпициклов. В этом случае центр первого эпицикла каждой планеты движется по деференту, но по окружности первого эпицикла движется уже не планета, а лишь центр второго эпицикла и т. д. Сама планета, двигаясь по одному из последних эпициклов, должна совершать в высшей степени сложное движение вокруг Земли. Можно даже сказать, что самое движение по кругам в сущности уничтожено теорией Птолемея, так как согласно этой теории, планеты должны были описывать винтовые линии, так называемые эпициклоиды. Движение по такой кривой, происходящее даже от одновременного движения лишь по двум кругам, столь же мало заслуживает названия кругового движения, как и движение тел по параболе не может быть названо прямолинейным, хотя и складывается из движений по двум прямым линиям.

По теории Птолемея кажущиеся движения планет совершенно не зависят от размеров эпицикла и деферента, лишь бы они изменялись пропорционально. Поэтому этот астроном не давал числовых величин радиусов этих кругов, а лишь ограничивался отношением между этими радиу-

сами, не интересуясь вопросом об изменении расстояния небесных тел от Земли. А между тем теория эпициклов допускает различные расстояния светил от Земли в разное время, причем сравнение расстояний светил от Земли, вычисленных на основе измерений видимых их диаметров, с расстояниями их от Земли, выведенными из теории эпициклов, обнаруживает несостоятельность, несообразность этой теории. По теории Птолемея, например, расстояние Луны от Земли колеблется на величину, вдвое большую действительной, вследствие чего видимый диаметр Луны во время перигея (наибольшего приближения) должен быть вдвое больше, чем в апогее (наибольшем удалении), что совершенно противоречит наблюдениям. Однако ни Птолемей, ни его последователи такой проверки не делали и удовлетворялись тем, что теория приблизительно верно определяла место светила на небесном своде.

Чрезвычайно интересно то, что хотя птолемея система мира является геоцентрической, в ней Солнце играет довольно важную роль (что не было замечено Птолемеем). Дело в том, что Меркурий и Венера (так называемые нижние планеты) никогда не видны в части неба, прямо противоположной Солнцу, т. е. они не наблюдаются в противостоянии с Солнцем. А между тем, это несомненно имело бы место, если бы вселенная была устроена согласно с системой Птолемея. В связи с этим Птолемей допускал, что Меркурий и Венера движутся так, что центры их эпициклов всегда расположены на прямой, идущей от Земли к Солнцу, и потому эти планеты далеко от Солнца не отходят и не могут быть видны на противоположной Солнцу части неба. Так как система Птолемея стремится дать возможность вычислить только месторасположение небесного светила на небосводе, то можно было бы совсем устранить деференты Меркурия и Венеры и принять, что они обращаются по эпициклам с центрами в Солнце. Расстояние Меркурия от Солнца было бы тогда



Фиг. 16. Характерная особенность системы Птолемея. Центры эпициклов Меркурия и Венеры лежат на прямой, соединяющей Солнце и Землю, а эпициклы Марса, Юпитера и Сатурна описываются этими планетами в течение года и радиусы их, направленные к планете, всегда параллельны направлению с Земли на Солнце.

почти вдвое меньше расстояния Венеры (как мы потом увидим, такая система существовала в древности).

Что же касается Марса, Юпитера и Сатурна (так называемых верхних планет), то их можно видеть и в стороне, где находится Солнце, и в противоположной стороне, и поэтому положения центров их эпициклов не связаны с Солнцем. Но для определения положения какой-нибудь из этих планет на эпицикле, необходимо провести через центр его радиус, параллельный направлению с Земли на Солнце, и тогда на конце его окажется планета. А раз для этих планет радиус эпицикла всегда параллелен направлению от Земли к Солнцу, то и в их положениях Солнце имеет особое значение. Поэтому такой эпицикл назывался большим или главным, причем его радиус должен был совершать оборот в течение года, т. е. двигаться сообразно с видимым движением Солнца, и в том же направлении.

Итак, в системе Птолемея движения планет около Земли зависели от их положения относительно Солнца, которое, по понятиям древних, само было одной из планет. Последователи системы Птолемея, однако, не обращали внимания на это обстоятельство или же совершенно не догадывались о том, что оно свидетельствует об обращении планет вокруг Солнца.

Теория эпициклов, разработанная Птолемеем с поразительной тщательностью и, очевидно, не без колоссальных усилий, для времени своего возникновения, когда другие отрасли знания находились еще в самом зачаточном состоянии, была высоко развитой наукой. Птолемей, видя сложность своей теории, говорил, что в движениях небесных тел нельзя ожидать той простоты движения, какую мы видим на Земле. В своем «Альмагесте» он писал: «Нас не должна устрашать многосложность гипотез или же трудность вычисления, а мы должны единственно заботиться о том, чтобы по возможности удовлетворительнее объяснять явления природы». При этом он спрашивал: «Зачем удивляться сложному движению небесных тел, если самая сущность их вовсе неизвестна?» И это «разъяснение», исходившее от лица, которым собственно кончается история греческой науки о небе, целиком удовлетворяло астрономов, физиков и философов в течение целых 14 столетий.

Однако, для согласования новых наблюдений с планетной теорией Птолемея, астрономы вынуждены были беспрерывно делать к этой теории новые пристройки, ввести в нее дополнительные эпициклы. В XIII в. было уже 75 кругов, заключенных один в другой, так что король Альфонс X Кастильский на созванном им в Толедо в 1250 г. астрономическом конгрессе не мог не указать ученым на то, что подобная запутанность движения светил не достойна вели-

кого творца вселенной. Он сказал: «Если бы господь бог, при сотворении мира сделал мне честь спросить моего совета, то многое было бы создано лучше, а главное — попроще».

Эти слова Альфонса были первым выражением сомнения в правильности общепринятой, но чрезвычайно громоздкой системы Птолемея, построенной на основах геоцентризма, и за них впоследствии король поплатился короной. Ибо тогда считалось еретическим, богохульным все то, что в той или иной мере не гармонировало с геоцентрическим мировоззрением, антропоцентризмом и т. п.

Несостоятельность системы Птолемея обнаруживалась еще в следующем. Сущность всей системы заключается в допущении, что круговую орбиту около Земли описывает не самая планета, а нематериальный центр, т. е. воображаемая математическая точка другого меньшего круга — эпицикла, по которому уже движется планета. А между тем, ни Птолемей, ни его последователи не могли ответить на вопрос, что именно заставляет планету обращаться вокруг совершенно пустого места? Пришлось допустить, что всякий центр эпицикла служит местопребыванием какой-то таинственной, сверхъестественной силы, которая движет планету по окружности. К тому же выходило, что каждая планета в течение суток должна вместе со всеми звездами совершать оборот вокруг Земли! Некоторые средневековые «мудрецы», придя в ужас от сложности всех этих перепутанных между собой движений, решили, что каждая планета наделена особым «духовным руководителем». Это божественное существо невидимой рукой управляет движением планеты по небесной сфере, следя за тем, чтобы она не сбилась со своего пути...

Некоторые ученые считают, что система эпициклов является лишь геометрической абстракцией, что она не претендовала на то, чтобы дать точное изображение действительности. Они полагают, что Птолемей не принимал эпициклы за реально существующие круги, что он приписывал им только геометрическое значение, не касаясь вопроса об их истинной природе. Действительно в «Альмагесте» имеется выражение, которое может быть понято в том смысле, что сам Птолемей смотрел на эпициклы только как на воображаемые круги, по которым происходит движение небесных светил. Но в те времена почти не было ученых, которым была бы доступна такая абстракция, и поэтому астрономы думали, что эпициклы суть нечто действительно существующее. Как бы то ни было, с постепенным усложнением системы Птолемея применение теории эпициклов становилось настолько трудным, что в конце концов должна была появиться мысль: не является ли эта теория лишь

«вспомогательной гипотезой», лишь математической фикцией, полезной для вычисления видимого движения планет?

Важно, что в средние века, вплоть до XVI в., сочинение Птолемея считалось астрономическим евангелием и на всю его схему смотрели как на подлинное выражение действительности. Все это время весьма твердо держалась вера в реальность не только птолемеевых кругов, но и твердых сфер. Представлялось, что по поверхности сфер, как в колесе катятся центры эпициклов. Тихо Браге заслуженно гордился тем, что ему впервые удалось «разбить небесные сферы». Установив, что кометные орбиты далеко простираются за орбиту Луны и даже Венеры, он тем самым справедливо считал доказанным невозможность существования твердых прозрачных сфер.

В продолжение всего времени от Птолемея до Коперника теоретическая астрономия не сделала почти никаких успехов. Правда, уже в средние века чувствовалась необходимость усовершенствований приведенных Птолемеем таблиц движения планет, потому что всякое новое наблюдение свидетельствовало о недостаточности теории эпициклов: вместо того чтобы служить подкреплением теории, оно противоречило ей. Но у астрономов даже не зарождалось мысли о необходимости отказаться от теории, и поэтому они придумывали только некоторые поправки к ней, пытались добавлять новые эпициклы к прежним и при этом изменять отношения между радиусами деферентов и эпициклов. Поэт Мильтон говорил об астрономах той эпохи: «И населили они небо концентрическими и эксцентрическими кругами, взгромодили эпициклы над эпициклами, орбиты над орбитами!»

Несмотря на гибкость, свойственную птолемеевой теории, никогда астрономы не могли добиться того, чтобы вычисленные на основе этой теории положения планет на небосводе полностью согласовались с данными точных наблюдений. В результате же непрерывного добавления новых эпициклов число этих кругов в конце концов возросло до того, что система эпициклов представляла полнейший хаос и невольно должна была появиться мысль о произвольности подобных допущений.

Однако отбросить эпициклы не решился даже Коперник, так как он не сомневался в том, что все небесные тела движутся равномерно по кругам. Поэтому, решительно отвергнув основное, исходное положение Аристотеля и Птолемея о центральном положении Земли во вселенной, он все же не мог отказаться от эпициклов. Таким образом, учение Коперника, при всем своем огромном астрономическом и культурно-историческом революционном значении, имело весьма существенный недостаток: оно было теорией

эпициклов, переработанной на новой гелиоцентрической основе. Этот недостаток теории Коперника был устранен только Кеплером, но и он сначала не решался посягнуть на эпициклы и думал, что несогласие теории эпициклов с позднейшими наблюдениями вызвано великими переменами, происшедшими на небесном своде со времени Птолемея...

VII. ПИФАГОРЕЙСКАЯ СИСТЕМА МИРА

Когда Коперник осознал всю несообразность системы Птолемея и необходимость заменить ее другой, проще и гармоничнее связывающей отдельные части вселенной в единое целое, он под влиянием классических трудов древности естественно искал спасения в гелиоцентрической системе (от «гелиос» — Солнце). Коперник сам указывает в своей книге источники, приведшие его к новому учению, к полному разрыву со считавшимися в продолжение 2000 лет незыблемыми идеями Евдокса, Аристотеля и других о неподвижности Земли в центре вселенной и о стремительном обращении всех небесных светил вокруг нее.

«Я дал себе труд, — пишет он, — снова перечитать все книги философов, какие только мог достать, чтобы узнать, не было ли в прежние времена каких-либо иных взглядов на движение мировых тел, чем тот, который преподается в наших школах. Таким образом я вычитал сначала у Цицерона, что Хикет из Сиракуз предполагал, что Земля движется; затем у Плутарха я тоже нашел указания, что некоторые иные придерживались такого же мнения... Побуждаемый этим, я и стал размышлять о подвижности Земли, и, несмотря на кажущуюся нелепость, я не переставал думать об этом предмете... Я хотел посмотреть, не удастся ли мне, допустив движение Земли, найти для истолкования движения по небесным орбитам более точные результаты, чем те, которые существовали до меня».

Таким образом Копернику были известны имена многих из его предшественников, причем в своем главном труде он упоминает о тех местах классических произведений, где эти имена приведены. Но известны только имена астрономов, способствовавших возникновению гелиоцентрической системы мира — от их же работ сохранились лишь незначительные отрывки в виде скудных цитат у Аристотеля, Архимеда, Цицерона, Плутарха и Сенеки. К тому же авторитет Аристотеля уже в древности был очень высок, и никакое гелиоцентрическое учение не могло вытеснить его геоцентрическую систему. Едва возникнув, это учение было оставлено, и древние ученые упоминали о нем как о забавном парадоксе. Только спустя 2000 лет этот «парадокс»

превратился, благодаря Копернику, в учение, которое вступило в ожесточенную борьбу со старой системой мира,— борьбу, направленную не только против все еще непоколебленного авторитета Аристотеля, но и против догм христианской церкви.

Неоднократно высказывалась мысль, что система Коперника таится в учении пифагорейской школы, которая якобы имела верное представление не только о двояком движении Земли, но и об обращении прочих планет вокруг Солнца. Декрет папской цензуры, запрещающий распространение идей Коперника, клеймил эти идеи как «ложное пифагорейское учение». На самом же деле учение пифагорейской школы о вселенной подвергалось последовательным изменениям, причем по системе самого Пифагора (582—500 гг. до хр. эры) Земля считалась неподвижно покоящейся в центре вселенной.

Пифагор сам ничего не написал; многие свои идеи он скрывал от большинства учеников, а доверялся только «избранным», характер которых старался тщательно изучить и потом уже удостоивал их своего доверия. Ничего не писали и непосредственно ученики Пифагора, и поэтому нельзя с достоверностью сказать, вышло ли учение Пифагора в том виде, в каком оно известно нам, действительно из уст самого этого философа. Во всяком случае нет достоверных свидетельств, что Пифагор, жизнь которого затемнена массой созданных о нем легенд, не признавал господствовавших в его время обычных геоцентрических воззрений.

Не подлежит сомнению, что этот замечательный геометр был одним из первых, кто доказывал шарообразность Земли, существование антиподов и т. д. Но приписывать Пифагору и его школе знание истинной системы мира, т. е. идею о центральном положении Солнца и обращении вокруг него Земли, вращающейся вокруг своей оси, нет никаких оснований. Напротив, все указывает на то, что сначала пифагорейцы рисовали себе мир состоящим из восьми вращающихся хрустальных сфер, которые концентрически окружают покоящуюся в их центре Землю.

По этой системе (представлявшей собой зародыш «системы сфер» Евдокса) ближайшая к Земле сфера принадлежала Луне, затем следовали сферы Меркурия, Венеры, Солнца, Марса, Юпитера и Сатурна. Эти семь сфер помещались внутри сферы неподвижных звезд, причем они вращались с различными скоростями вокруг общей оси, не совпадающей с «осью мира»,— осью восьмой, звездной сферы. Последняя совершает полный оборот вокруг оси, совпадающей с осью Земли в течение суток, увлекая в то же время все семь заключенных в ней сфер, и это вызывает суточное движение небесных тел. При этом пифаго-

рейцы считали, что вращение каждой из этих сфер вызывают определенные звуки, создающие знаменитую «гармонию сфер», услышать которую не был удостоен богами ни один человек, кроме их великого учителя Пифагора. Следовательно, гелиоцентрическая система мира, развитая Коперником, никак не может быть названа «пифагорейским учением».

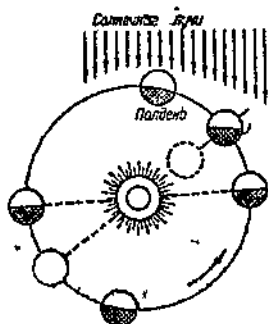
Верно лишь то, что первую негеоцентрическую систему, легшую в основу дальнейшего развития науки о мироздании, находим мы у одного из представителей пифагорейской философии — у Филолая (470—399 гг. до хр. эры), бывшего современником Сократа. Так как он жил в V веке до хр. эры и свои идеи изложил около 430 г. до хр. эры, т. е. через семьдесят лет после смерти Пифагора, то учеником последнего он, конечно, не мог быть, хотя и принадлежал к пифагорейской школе. Его книга о строении вселенной была очень редким произведением и поэтому высоко ценилась в древности; Платон, пожелавший ее купить, заплатил за нее большую сумму — 10 000 драхм (около 3500 рублей золотом). К сожалению, от трудов Филолая сохранились лишь короткие отрывки и подлинность многих из них довольно сомнительна. Все эти отрывки собраны исследователем Филолая Беком, но на их основании чрезвычайно трудно получить достаточно полное представление о его системе мира. Однако, несмотря на ряд неясностей, в общих чертах эта система нам известна и заключается она в следующем.

Существует лишь одна вселенная, которая имеет шарообразную форму. В ее центре находится чистейший из всех веществ — центральный огонь, являющийся в то же время центром тяжести и опорной точкой всего существующего. Вокруг этого мирового центра — «очага» — обращаются по гармонически распределенным, постепенно сужающимся кругам десять небесных тел. А именно, сначала идет сфера неподвижных звезд, затем планеты Сатурн, Юпитер и Марс, потом Солнце, далее планеты Венера и Меркурий, затем Луна, потом Земля и, наконец, сходное с Землей тело — Противоземлие (по-гречески — Антихтон).

По Филолаю, наше Солнце совершает в течение года оборот вокруг мирового очага и это движение обуславливает изменение длины дня и смену времен года. При этом Солнце играет подсобную роль; оно представляет собой не светящееся, а прозрачное стеклообразное тело, способное выполнить функцию сильного рефлектора. Оно концентрирует, собирает огонь, исходящий из центрального пламени, отражает и распределяет этот огонь в виде света и тепла среди других тел (поэтому то оно и помещается в середине между семью планетами).

Что же касается Противоземли, то некоторые полагают, что это десятая планета, расположенная между центральным огнем и Землей. Сторонником этого мнения был Аристотель, который считал, что Противоземлие введено Филолаем из-за особого значения, которое пифагорейцы придавали числу десять. Но на основании исследований Бека правильнее думать, что Противоземлием считалось противоположное полушарие Земли, отделенное от того полушария, которое было известно грекам.

Филолай учил, что Земля и Противоземлие имеют параллельное, концентрическое движение. Они обращаются в



Фиг. 17. Движение Земли вокруг «центрального огня», по Филолаю. Пунктирный кружок изображает Противоземлие, заслоняющее от обитателей Земли свет «мирового очага».

течение суток в направлении с запада на восток вокруг центрального огня, причем Противоземлие находится ближе к центральному огню и заслоняет Землю от его лучей. Люди потому только никогда не видят ни этого огня, ни Противоземли, что они населяют часть Земли, противоположащую центральному огню и Противоземлию. Когда Солнце и населенная часть Земли находятся на одной стороне центрального огня, наступает день; в противоположном случае царит тьма, потому что Земля оказывается тогда в тени, бросаемой Противоземлием, и мы Солнца не видим. При этом к центральному огню, заслоняемому Противоземлием, всегда обращено южное полушарие антиподов, так, как Земля круговращается

подобно телу, связанному с центром вращения («очагом») прочной связью.

Таким образом в системе Филолая отсутствует вращение Земли вокруг полярной оси, смена же дня и ночи обусловлена вращением Земли вокруг оси, перпендикулярной к плоскости орбиты ее суточного движения вокруг центрального огня. В сущности в этой системе Противоземлие было придумано специально для объяснения дня и ночи, не прибегая к представлению о суточном вращении земного шара вокруг полярной оси, которое явилось только впоследствии.

Когда Аристотель отстаивал свои геоцентрические идеи, он не мог обойти молчанием эту систему мира, хотя он и не называл Филолая. В своем сочинении «О небе» он, оспаривая эту систему, писал: «Относительно местоположения Земли в пространстве мнения философов различны. Вообще допускают, что Земля находится в центре мира,

что небо ограничено и закончено в целом. Но итальянские мудрецы, которых называют пифагорейцами, придерживаются противоположного мнения; они принимают, что в центре мира находится огонь, что Земля обращается вокруг этого центра в качестве одной из звезд, и что вследствие этого происходит на ней смена дня и ночи. Они придумали также другую Землю, помещенную противоположно нашей и называемую ими Антихтон—Противоземле»...

В другом месте Аристотель отметил: «Многие философы и кроме пифагорейцев, могли бы подобно им думать,—основываясь не на изучении явлений, а на чисто умственных соображениях,—что центральное место во вселенной не должно быть приписано Земле. Так как они полагают, что важнейшему из всех тел подобает и почетнейшее место и что огонь важнее Земли, то Земля не должна быть в центре сферы вселенной, а место это предпочтительно принадлежит огню... Относительно же покоя или движения Земли у философов также встречаются разногласия, ибо не все сходятся в этих пунктах; те из них, которые отрицают ее местоположение в центре (вселенной), заставляют ее обращаться вокруг центра по кругу, и не только одну Землю, но и Противоземлю».

Но хотя Аристотель не только излагал, но и оспаривал систему мира Филолая, он был недостаточно знаком с нею. Повидимому, он слышал об ее основных идеях, противоречащих геоцентрическому мировоззрению, но не давал себе труда обратиться к первоисточникам и серьезно их изучать. Систему мира Филолая следует, однако, называть не гелиоцентрической, а п и р о ц е н т р и ч е с к о й (от «пир»—огонь), ибо в ней Земля и планеты движутся не вокруг Солнца, а около некоторого невидимого нами огня, который пребывает в центре мира. Правда, некоторые астрономы (Гассенди, Бальи, Монтюкла, Лаплас, Фай и др.) полагали, что Филолай и другие пифагорейцы, говоря о центральном огне, скрывали свою истинную мысль, бывшую известной лишь посвященным и согласно которой центральный огонь есть именно Солнце. Однако этот взгляд, превращающий Филолая в действительного предшественника Коперника, совершенно произволен и не имеет никаких серьезных оснований. Ведь в этой системе Солнце ничем не отличается от Земли и в сущности играет ту же роль, что Луна и планеты.

В системе Филолая было много фантастического (центральный огонь, Противоземля).¹ В ней нет ясного пред-

¹ Односторонне развивая мысль, что над всяким процессом властвует определяемая числом закономерность, пифагорейцы усматривали в числах ключ к пониманию природы, основу всех явлений. В связи с этим они особенно усердно занимались отношением между числами, причем это занятие у них в конце концов вылилось в ми-

ставления ни о расстоянии Солнца от Земли, ни о размерах Солнца. Но зато в ней имеется представление о том, что Земля не покоится в центре вселенной, что она не является самой важной частью мира, что она занимает второстепенное место среди небесных тел. Вместе с тем, в этой системе имеется представление о поступательном движении Земли: она обращается вместе с вымышленным Противоземлем вокруг центрального пламени, чем, между прочим, вызывается смена дня и ночи. В этом представлении несомненно заключался зародыш идей, приведших впоследствии к первому положению учения Коперника,— о вращении Земли вокруг ее полярной оси, а затем к возникновению гелиоцентрической системы в полном ее объеме.

Коперник в своем посвящении папе Павлу III ссылаясь на Филолая, которого он считал одним из великих математиков. Он приводит свидетельство Плутарха о том, что по учению Филолая «Земля, равно как и Солнце и Луна, обращается вокруг огня по косому кругу». У Плутарха, кстати, мы находим еще и следующее место: «Пифагореец Филолай полагает в середине огонь, который есть как бы очаг вселенной, на втором месте помещает он Противоземле, на третьем — нашу Землю, противоположную Противоземлю и движущуюся в противоположном направлении, а по этой причине жители обеих этих земель не могут видеть друг друга». Ссылаясь на Филолая, Коперник отметил не то, что отличает его систему от системы Филолая, а то, что объединяет эти системы, т. е. представление о поступательном движении Земли.

стику чисел. И Аристотель считал, что Противоземле придумано было лишь для того, чтобы удовлетворить числовую мистическую символику пифагорейцев, для которых «математика стала философией». Поэтому он неоднократно бросал пифагорейцам обвинение в том, что главная их роль состоит не в исследовании явлений, а в приравнивании явлений к собственным своим воззрениям и теориям. В своей «Метафизике» он писал: «Пифагорейцы, следуя математическим своим воззрениям, принимают за нечто доказанное, что небо (вселенная) должно быть сочетанием гармоний и чисел. Если же они находят в существующих вещах (телах) недостаток, то пополняют его, лишь бы система тел была, по их мнению, совершенной. Так, например, поскольку число десять есть число совершенное и как бы заключает в себе всю природу чисел, то пифагорейцы заключают, что число тел, движущихся по небесному своду, должно быть равно десяти, а так как их видно лишь девять, то Противоземле и принято ими десятым телом». Однако знаменитый астроном Скипарелли на основании своих исследований пришел к заключению, что на систему Филолая нельзя смотреть как на пустую фантазию. Система Филолая,—заметил он,—не есть плод беспорядочного воображения, наоборот, она возникла из стремления согласовать данные наблюдений с предустановленным принципом, касающимся природы вещей. Этим принципом было возникшее в пифагорейской школе учение о гармонии, закономерности, взаимозависимости, господствующей повсюду,—стало быть также и в космосе.

VIII. ВИДЫ ГЕОЦЕНТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Мы видели, что система Филолая заключает в себе представление о движении Земли вокруг центрального огня и вокруг своей оси. Но вращение Земли считается происходящим вокруг оси, которая перпендикулярна к плоскости ее суточного поступательного движения вокруг центрального огня. Поэтому важный шаг в развитии представления о движении Земли был сделан тогда, когда это допущение было заменено допущением суточного вращения земного шара вокруг ее полярной оси.

Трудно в точности сказать, кто первый сделал этот шаг и таким образом совершенно отбросил предположения о Противоземли и огненном центре. Коперник указывает, что у Цицерона он нашел замечание о пифагорейце Хикете Сиракузском (371—286 гг. до хр. эры), который объяснял видимое движение небесного свода движением Земли. Действительно Цицерон, основываясь на свидетельстве Теофраста, говорит: «Хикет Сиракузский считает, что небо, Солнце, Луна, звезды и вообще все, что над нами, неподвижно и что кроме Земли ничто в мире не движется, Земля же вертится вокруг своей оси, и оттого кажется, что все на небе движется». Хикет помещал Землю в центре мироздания, а «центральный огонь» перенес из мирового пространства в центр земного шара. Вместе с тем он приписывал земному шару вращательное движение вокруг полярной оси в течение суток с запада на восток, так что существование Противоземли стало излишним. Некоторые ученые считают сомнительным достоверность того, что Хикет держался геоцентрической системы, измененной допущением вращения Земли около полярной оси; они думают, что Цицерон ошибся, что этот философ пропагандировал пироцентрическую точку зрения Филолая, в которой отсутствует вращение Земли вокруг полярной оси. Есть, однако, основание думать, что Цицерон не ошибся.

Не подлежит сомнению, что геоцентрическая система, с допущением суточного обращения Земли вокруг ее оси, имела своими представителями пифагорейца Экфанта Александрийского и платоника Гераклида Понтийского, которые жили до Хикета. Эти философы признали Землю центром вселенной, но стали объяснять вращение сферы неподвижных звезд движением земного шара вокруг своей оси. Коперник, говоря об инициаторах учения о движении Земли, приводит следующие слова Плутарха: «Гераклид Понтийский, а равно и пифагореец Экфант, также придают Земле движение, но не поступательное, а вращательное, вследствие которого она, подобно колесу, обходит вокруг своей оси по направлению от заката к восходу».

Но об Экфанте мы знаем чрезвычайно мало, а о Гераклиде — немногим больше. Последний жил приблизительно около 390—310 гг. до хр. эры и был учеником Платона, хотя во многих отношениях был духовно близок к пифагорейцам; он написал много сочинений, которые нам известны лишь по заглавиям и отрывкам. Между прочим Плутарх сообщает, что Гераклид каждую звезду принимает за особый самостоятельный мир, носящийся по бесконечному пространству и состоящий из земли, воздуха и воды. Если это верно, то этот философ высказывал мысль, которая никак не может быть примирена с геоцентрическим мировоззрением, учащим, что Земля — центр и цель вселенной. Гераклид, однако, не отвергал геоцентризм, а дополнял его представлением о вращении Земли вокруг оси, отбросив тем самым учение о центральном огне и Проти-воземли.

Мысль о том, что движение небесного свода представляет собой иллюзию, обусловленную вращением Земли около полярной оси по противоположному направлению, встречаем мы также у Селевка Эретрийского, Архита Тарентского и Тимея Локрийского. Но так как сочинения всех этих мыслителей не сохранились, то не удалось установить, благодаря каким именно соображениям они решились сделать этот столь важный шаг, т. е. отречься от неправильного истолкования зрительных впечатлений. Весьма вероятно, что к этому отречению, к сознанию, что земному шару присуще движение, — они пришли под влиянием той иллюзии, которую испытывают моряки: им кажется, что их корабль стоит на одном месте, а берег плывет мимо них, хотя на самом деле плывет корабль.

Возможно также, что немалую роль здесь сыграло следующее обстоятельство: семь планет (считая в их числе Солнце и Луну) обнаруживают, если считать, начиная с Земли, постепенно возрастающее время обращения их сферы (у Луны оно равно 27 дням, у Меркурия 88 дням и т. д.), а наиболее отдаленная от Земли сфера неподвижных звезд совершает свой оборот всего лишь в 24 часа. Для объяснения этого было вполне логично сделать предположение, что Земля, находящаяся в центре вселенной, вращается в 24 часа вокруг собственной оси и что следствием этого движения является смена дня и ночи.

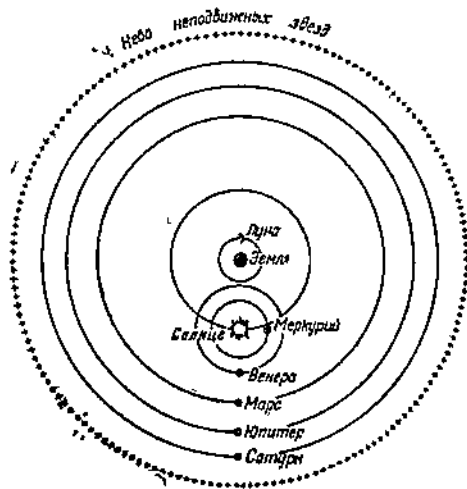
Таким образом суточное движение Солнца и всех небесных тел, их восход на востоке и заход на западе, признавались лишь кажущимися и объяснялись суточным вращением Земли в противоположном направлении, с запада на восток. Это был чрезвычайно важный шаг, открывавший путь ко второй половине учения Коперника — к отрицанию центрального положения Земли во вселенной.

Однако, прежде чем сделать этот второй, наиболее решительный шаг, в древнем мире возникла система мироздания, являющаяся переходом от геоцентрической системы к чисто гелиоцентрической. Эта система также связывается с именем Гераклида Понтийского, но она носит название египетской, потому что многие в течение долгого времени полагали, что этот философ заимствовал ее у египтян. Однако новые исследования приводят к заключению, что название этой системы довольно произвольное, что Египет не был родиной этого учения, что оно восходит только к Гераклиду Понтийскому.

Согласно системе Гераклида, Земля вращается вокруг оси, с запада на восток, вызывая видимое движение неба с востока на запад и смену дня и ночи, но Луна, Солнце и верхние планеты Марс, Юпитер и Сатурн движутся вокруг Земли, как вокруг центра. Что же касается

нижних планет, Меркурия и Венеры, видимых лишь недалеко от Солнца в виде вечерней или утренней звезды, то они обращаются вокруг Солнца, служащего для них центром. Следовательно, в этой системе мира планеты Меркурий и Венера являются спутниками Солнца и уже вместе с ним движутся около Земли. А благодаря этому для нижних планет противостояния с Солнцем невозможны, и они никогда не видимы в противоположной Солнцу части неба. Как мы потом увидим, это предположение спустя почти 2000 лет отчасти возродилось в системе Тихо Браге: видя, что оно дает объяснение движениям Меркурия и Венеры, этот выдающийся астроном распространил его на все планеты, за исключением Земли. Выходило, таким образом, что Луна и Солнце обращаются вокруг Земли, между тем как все прочие планеты обращаются вокруг Солнца.

Следует иметь в виду, что так называемая египетская система мира, которой некоторые ученые (например, Витрувий) придерживались даже во времена господства птолемеевой теории, имеет одно весьма важное отличие от си-



Фиг. 18. Так называемая египетская система мира.

стемы Гераклида Понтийского. Подобно обычным геоцентрическим системам мира, она исходит из представления, что Земля не вращается вокруг оси, а находится совершенно неподвижно в центре вселенной. Но вслед за Гераклидом Понтийским она допускает, что вокруг Земли, по последовательным концентрическим кругам обращаются Луна, Солнце, Марс, Юпитер, Сатурн и небо неподвижных звезд, а Меркурий и Венера вместе по двум концентрическим кругам обращаются вокруг Солнца, которое в свою очередь совершает в течение года полный оборот вокруг Земли.

В V в. хр. эры Марциан Капелла в своей книге «Земля не есть центр всех планет» составил вариант египетской системы, заставив Меркурия и Венеру обращаться вокруг Солнца почти по одной и той же орбите. В этой книге он писал: «Венера и Меркурий вращаются не вокруг Земли, которая не представляет собой центра всех орбит, хотя несомненно является центром вселенной. Хотя обе планеты ежедневно восходят и заходят, однако, они вращаются вокруг Солнца. Последнее, будучи гораздо больше Земли, есть центр их орбит».

Коперник знал об этой теории (он говорил, что «она не из худших») и возможно, что она вызвала мысль распространить предположение о движении Меркурия и Венеры на другие планеты.

В XVI в. некоторые университеты Европы (под влиянием Тихо Браге) пробовали отстаивать египетскую систему, называя ее «общей системой». Полагали, что если сохранить из системы Птолемея представление о неподвижности Земли и движении верхних планет вокруг Земли, а из системы Коперника взять представление о движении Меркурия и Венеры вокруг Солнца (наподобие открытых телескопом спутников Юпитера и Сатурна), то система эта окончательно заменит обе предыдущие.

В это же время своеобразное, в высшей степени интересное учение Гераклида Понтийского о мире нашло свое дальнейшее развитие у астронома Реймерса, старавшегося усовершенствовать систему Тихо Браге путем введения допущения о суточном вращении Земли. Но так как эта попытка была сделана уже после Коперника, то она была шагом назад и, конечно, не могла получить признания научного мира и вскоре была забыта.

Таким образом, различные учения древних о строении вселенной можно свести к трем системам: 1) система геоцентрическая, являвшаяся господствующей системой в течение многих веков; 2) система птолемеевская (так называемая пифагорейская), согласно которой Земля и все небесные светила обращаются вокруг гипоте-

тического центрального огня; 3) система гелиоцентрическая, считающая Солнце центром вселенной, а Землю движущейся вокруг Солнца и вокруг оси.

Геоцентрическая система в древние времена имела следующие разновидности: а) система геоцентрическая в строгом смысле, согласно которой Земля находится неподвижно в центре вселенной, а Луна, Солнце и планеты обходят Землю в различные периоды, а все звездное небо совершает оборот в течение суток вокруг оси мира, проходящей через центр Земли; б) так называемая египетская система мира, по которой Меркурий и Венера являются спутниками Солнца, обращающимися вокруг него, тогда как Солнце вместе с этими спутниками, а также Луна и остальные планеты обращаются вокруг Земли; в) система геоцентрическая, но с допущением суточного вращения Земли вокруг оси, признающая иллюзией суточное обращение сферы неподвижных звезд; г) система Гераклида Понтийского, допускавшая не только вращение Земли вокруг оси, но и обращение Меркурия и Венеры вокруг Солнца, которое, в свою очередь, обращается вокруг Земли, как центра всей остальной вселенной.

IX. ПЕРВОЕ ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКОЕ УЧЕНИЕ

Первым из древних ученых, кто решительно отверг геоцентрическое мировоззрение и сделал окончательный переход к гелиоцентрической системе мира, был выдающийся астроном Аристарх Самосский (310—250 гг. до хр. эры), стоявший в тесной связи с Александрийской школой.

Как мы видели, уже Филолай и некоторые другие пифагорейцы сомневались в том, что Земля находится в центре вселенной. Они высказывали взгляд, что Земля в продолжение суток обращается вокруг центрального огня и что это движение порождает иллюзию—суточное движение небосвода, восход и закат светил. Когда центральный огонь был перенесен из центра неба в центр Земли, этим была предвосхищена одна из важнейших частей учения Коперника—суточное вращение обитаемого нами светила вокруг своей полярной оси. Что же касается другой, не менее важной части учения Коперника—движения Земли и остальных планет вокруг Солнца,—то исходной точкой для нее были наблюдения над Меркурием и Венерой. Эти наблюдения привели к учению Гераклида Понтийского об обращении этих небесных тел вокруг Солнца.

Развивая это учение, нетрудно было в конце концов прийти к правильному, гелиоцентрическому представлению о системе мира. Для этого надо было только признать, что

Солнце находится в центре орбит и остальных планет и что Земля является одной из планет. Аристарх Самосский и был тем великим астрономом, который первым пришел к гелиоцентрической теории. По всей вероятности огромную роль в зарождении этой гениальной идеи сыграло его убеждение, что Солнце гораздо больше, чем Земля и Луна.

Мы не имеем подробных сведений о жизни Аристарха; из его трудов до нас дошли только отрывки весьма важного сочинения «О величине и расстояниях Солнца и Луны».

До Аристарха астрономы, развивая различные теории о строении вселенной, совершенно не обращали внимания на проблему взаимных расстояний небесных тел и их размеров. Мы не встречали до Аристарха ни одной научной попытки определить расстояния, отделяющие Солнце и Луну от земного шара. Аристарх же изобрел чрезвычайно остроумный способ, позволяющий при помощи простых геометрических данных определить отношения расстояний Солнца и Луны от Земли. Произведя много тщательных наблюдений, Аристарх вычислил, что Солнце отстоит от нас в 19 раз дальше, чем Луна (на самом деле, как выяснилось почти через два тысячелетия, Солнце дальше Луны от Земли приблизительно в 400 раз). Аристарх пришел к заключению, что Солнце должно быть больше Земли в 300 раз (на самом деле в 1 300 000 раз).

Теоретический путь, которым Аристарх старался решить задачу определения расстояний и размеров Солнца и Луны, был совершенно правилен и состоял в следующем. Когда освещена как раз половина лунного диска, солнечные лучи составляют прямой угол с направлением от Земли к Луне, так что центры Земли, Луны и Солнца находятся в вершинах прямоугольного треугольника, причем расстояние Луны от Земли образует катет, а расстояние Солнца от Земли — гипотенузу. Чтобы определить отношение катета к гипотенузе, т. е. отношение расстояния Солнце — Земля к расстоянию Луна — Земля, достаточно определить один угол (содержащийся между лучами зрения, идущими от глаза наблюдателя к центрам Луны и Солнца), поддающийся непосредственному измерению.

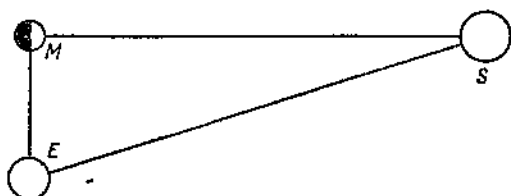
Из своих измерений Аристарх вывел, что угол у центра Солнца равен 3 градусам; в действительности же он гораздо меньше и составляет всего 10 минут. Эта ошибка в подсчетах была вызвана тем, что во времена Аристарха не умели точно измерять очень маленькие углы, тем более, что граница между освещенной и темной половиной Луны не отличается достаточной отчетливостью. Во всяком случае до Аристарха только пифагорейцы пытались определять расстояния до небесных тел, но они довольствовались лишь

игрой чисел. Например, Филолай в своей системе, предполагая расстояния возрастающими в геометрической прогрессии, утверждал, что каждое последующее светило в три раза дальше от Земли, нежели предыдущее. По сообщению Плиния, пифагорейцы оценивали расстояния путем сравнения с высотой музыкальных тонов, причем этот способ возник, по всей вероятности, в связи с открытым самим Пифагором соотношением между числами и гармонией музыкальных тонов. Подобные взгляды, подержанные Платоном, существовали в продолжение тысячелетий, и даже Кеплер говорил: «Вселенная задумана и построена разумным существом, имеющим особое пристрастие к простым математическим соотношениям».

Аристарх считал невероятным обращение столь исполнйского небесного тела, как Солнце, вокруг сравнительно маленькой Земли. В конце концов он пришел к заключению, что звезды неподвижны, что в центре вселенной находится не Земля, а Солнце и что Земля обращается вокруг него в течение года. Вместе с тем он допустил, что Земля, обращаясь вокруг Солнца, в то же время имеет и суточное вращение вокруг своей оси.

Сообщения целого ряда древних авторов не оставляют сомнения в том, что Аристарх был первым, с достаточной ясностью выразившим гелиоцентрическое мировоззрение. Между прочим, Плутарх говорит, что мысль о движении Земли высказана была Аристархом лишь в качестве гипотезы, но якобы доказана была Селевком, жившим в середине II в. до хр. эры. В этом, конечно, нельзя не сомневаться; так как в то время не могли располагать доказательствами, которые имели бы достаточно убедительный характер.

Чрезвычайно интересно, как Аристарх объяснял, почему при годичном движении Земли вокруг Солнца неподвижные звезды не меняют своего видимого положения. Он гово-



Фиг. 19. Треугольник Аристарха, иллюстрирующий метод сравнения расстояний Солнца и Луны от Земли. S, E и M — Солнце, Земля и Луна. Когда с Земли Луна кажется равной половине круга, точка E образует с точками M и S прямоугольный треугольник, где расстояние Луны от Земли есть катет ME, а расстояние Солнца от Земли гипотенуза ES. Измерив угол MES, узнаем все углы треугольника, так как угол M прямой, следовательно и сумма углов E и S равна прямому углу; отсюда нетрудно вычислить отношение сторон треугольника — катета ME и гипотенузы ES, т. е. отношение расстояний Луны и Солнца от Земли.

рил, что сравнительно с расстоянием неподвижных звезд от Земли, расстояние Солнца от Земли совершенно ничтожно. Как ни велика земная орбита сама по себе, к размерам системы неподвижных звезд она относится так же, как центр круга к его окружности.

Это объяснение вполне удовлетворительно: при колоссальном отдалении неподвижных звезд незначительное перемещение Земли в пространстве не может вызывать видимого перемещения звезд на небосводе. Лаплас справедливо заметил, что уже одна эта мысль доказывает, что у Аристарха было более правильное представление о размерах вселенной, чем у всех других астрономов древнего мира. Важно и то, что Аристарх придерживался также идеи о существовании множества миров и относил Солнце к числу неподвижных звезд. Нельзя поэтому не согласиться с Гумбольдтом, называвшим этого астронома «древним коперниканцем».¹ Многие из противников Коперника не без основания называли себя «анти-Аристархами».

Смелое учение Аристарха противоречило астрономическим представлениям того времени, и поэтому было встречено возражениями и насмешками. Даже математик Архимед (287—212 гг. до хр. эры), один из величайших гениев древнего мира, не понял учения Аристарха и доказывал, что «никакой круг не может казаться точкой и что самое учение нелепо. В своем знаменитом сочинении об исчислении песчинок (по-гречески оно называлось «Псаммит») Архимед писал:

«Известно, что большинство астрономов под вселенной понимают сферу, центр которой соответствует центру Земли, а радиус равен прямой линии, соединяющей центр Земли и Солнца. Но Аристарх Самосский в своих «Предположениях», написанных им против астрономов, опровергает это мнение и приходит к заключению, что вселенная должна быть гораздо больших размеров, чем только что указано. А именно, он принимает, что неподвижные звезды и Солнце не меняют своего места в пространстве, что Земля движется по окружности около Солнца, находящегося в центре этой окружности и что центр сферы неподвижных звезд совпадает с центром Солнца. Сфера неподвижных звезд имеет такую величину, что круг, по которому движется Земля, находится в таком же отношении к сфере неподвижных звезд, как центр этого круга к его окружности. Но это, очевидно, невозможно, ибо центр круга не имеет никакой величины и следовательно нет никакого отношения центра к окружности. Поэтому надо полагать, что Аристарх

¹ Энгельс отметил: «Аристарх Самосский уже за 270 лет до н. эры выдвигал коперникову теорию о Земле и Солнце», (К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч. т. XIV, стр. 511).

хотел сказать, — так как мы все-таки рассматриваем Землю как центр вселенной, — что Земля так относится к тому, что я называл выше вселенной, как сфера, к которой принадлежит круг, описываемый, согласно его допущению, Землей, относится к сфере неподвижных звезд».

Таким образом, Архимед выразил следующую мысль: объем сферы неподвижных звезд во столько раз больше объема сферы с радиусом земной орбиты, во сколько этот последний объем больше объема земного шара. Не подлежит сомнению, что Аристарх представлял себе центр круга как бы бесконечно малым кругом и этим придавал сфере неподвижных звезд бесконечно большие размеры по сравнению с размерами земной орбиты. Архимед же попытался опровергнуть этот взгляд только на том «основании», что нет никакого отношения точки к кругу. Для вычисления поперечника сферы неподвижных звезд Архимед принял, что Аристарх под центром земного пути разумел самый земной шар, и считал окружность Земли в 300 000 стадий. На основании своих вычислений он пришел к выводу, что расстояние Солнца от Земли не может быть больше 10 000 земных радиусов, а поперечник сферы неподвижных звезд не больше 10 000 млн. стадий, т. е. приблизительно лишь в 100 000 раз больше поперечника земного шара.

Гелиоцентрическая система казалась настолько новой, парадоксальной, противоречащей ходячим представлениям, а геоцентрическая до такой степени удовлетворяла всех, что даже такой великий ученый древности, как Архимед, не только не перешел на сторону Аристарха, но и плохо понимал его.

Повидимому Аристарх, идеи которого не нашли сочувствия у его современников, подвергся гонению со стороны жрецов, обвинявших его в богохульстве, в нарушении спокойствия Весты и Лавров, в оскорблении величия богов. По сообщению Плутарха, реакционер стойк Клеант объявил представление о подвижности Земли и неподвижности звездной сферы преступным и требовал, чтобы Аристарх был предан суду за неверие и безбожие. По словам Плутарха, идея о движении Земли у древних греков считалась идеей безбожной и опасной.

Древние астрономы не пошли по правильному пути, указанному Аристархом. Философ Сенека, живший в I в. хр. эры, говоря о двух противоположных астрономических взглядах, не склоняется ни в ту, ни в другую сторону. «Важно было бы исследовать, — писал Сенека, — мир ли вращается вокруг Земли, которая остается неподвижной, или Земля вертится, тогда как мир стоит. Находятся люди, которые утверждают, что нас несет природа, а мы того совершенно не замечаем, что восход и закат светил происхо-

дит не от движения неба, а от того, что мы сами то восходим, то заходим относительно их восхождения на небесном своде. Эта задача достойна наших размышлений, ибо мы должны знать, в каком состоянии мы находимся: обрекла ли судьба нашу Землю на вечный покой, или же, наоборот, она одарила Землю быстрым движением; заставил ли бог все небесные тела двигаться вокруг нас, или же мы сами около них вращаемся.

Гениальные идеи Аристарха о строении вселенной, связанные с представлением о движении Земли, не получили распространения и оказали очень малое влияние на древних астрономов.

Как мы потом увидим, Коперник в своем труде не упоминал об Аристархе, как о первом творце гелиоцентрической системы, несмотря на то, что он старательно указывает на предшественников своего учения.

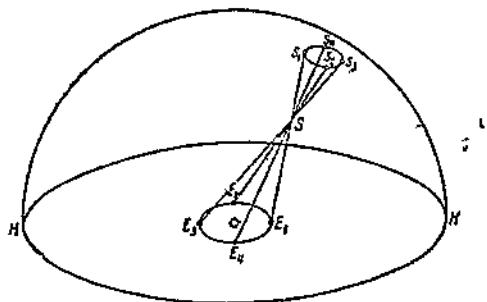
Х. ДРЕВНЯЯ КРИТИКА ГЕЛИОЦЕНТРИЗМА

Хотя гелиоцентрическая система мира не получила распространения в древнем мире, величайшие авторитеты античной науки, стоявшие на геоцентрической точке зрения, не замалчивали учения о движении Земли, не решаясь полностью игнорировать его. Например, Аристотель посвятил значительную часть своей книги «О небе» изложению и критике учения некоторых пифагорейцев о движении Земли, давая при этом понять, что представление о поступательном движении земного шара имело влияние некоторых сторонников. Аристотель ясно постигал возможность объяснения видимого движения звезд либо движением небесной сферы, либо движением Земли, но от последней мысли он решительно отказался.

У Аристотеля мы встречаем возражение против существования поступательного движения Земли, которое казалось решающим на протяжении почти двух тысячелетий. Он считал, что перемещение Земли по ее орбите должно было бы вызывать кажущееся, так называемое параллактическое смещение звезд, подобно тому как перемещение человека на земной поверхности вызывает смещение одних предметов относительно других. Действительно, при поступательном орбитальном движении Земли неподвижные звезды должны описывать на небесном своде большие или меньшие круги и являлись бы наблюдателю каждый раз на другом месте, т. е. имели бы определенный «параллакс». А так как такого смещения звезд никто не наблюдал, то Аристотель рассматривал это, как неопровержимое доказательство неподвижности Земли. Впервые параллактическое смещение

звезд удалось обнаружить лишь в 1838 г., и это дало нам не только доказательство годичного движения Земли, но и позволило определить расстояние до ближайших к нам звезд.

У Птолемея целая глава его «Альмагеста» занята подробным опровержением представления о движении Земли. Как и Аристотель, он не называл по именам представителей критикуемых им учений о движении Земли, но по всему видно, что он имеет в виду прежде всего и главным образом наиболее выдающегося сторонника этих учений — Аристарха Самосского. Соображения Птолемея противники Коперника, Галилея и других гелиоцентристов не переставали повторять вплоть до времени Ньютона.



Фиг. 20. Параллактическое смещение неподвижных звезд. Полукруг NN' изображает небосвод, а E_1 , E_2 , E_3 и E_4 — орбиту Земли. Когда земля занимает положение E_1 находящийся на Земле наблюдатель должен увидеть звезду S в точке s_1 ; когда Земля занимает положение E_2 , звезда должна быть видна в точке s_2 ; положениям Земли в точке E_3 и E_4 должны соответствовать положения звезды в точках s_3 и s_4 . Таким образом звезда должна описывать на небосводе круг s_1 , s_2 , s_3 , s_4 в направлении, противоположном движению Земли по орбите. Это кажущееся движение неподвижных звезд называется параллактическим смещением.

Птолемей совершенно правильно считал доказанным, что Земля представляет только точку в сравнении с небесными пространствами. Но отсюда он сделал вывод, что «Земля не может сделать какого-либо движения вкось», причем это заключение об ее неподвижности он подтверждал не только отсутствием параллактического смещения звезд, но и аристотелевским учением о действии тяжести. Птолемей писал: «Легкие тела уносятся к окружности; нам кажется, что они уходят вверх, потому что, верхом мы называем пространство, находящееся над нашими головами, до поверхности, которая нас окружает. Тела твердые и составленные из тяжелых элементов направляются, напротив, к середине, как центру: нам кажется, что они падают вниз, потому что все находящееся под нашими ногами, в направлении к центру Земли, мы называем низом; эти тела, разумеется будут скопляться около центра, вследствие противоположного действия их удара и их трения. Итак, понятно, что вся масса Земли, столь большая по сравнению с падаю-

щими на нее телами, может принимать их, не получая ни малейшего колебания ни от их веса, ни от их скорости. Поэтому, если бы Земля имела движение общее со всеми другими тяжелыми телами, то очевидно вследствие своей массы она опередила бы эти тела, оставила бы всех животных, а равно и прочие тяжелые тела, без всякой поддержки на воздухе, а наконец скоро и сама выпала бы из неба. Таковы последствия, к которым мы пришли: нелепее и смешнее ничего нельзя себе вообразить».

Что же касается суточного, т. е. вращательного движения Земли, то не отрицая того, что это движение позволяет объяснить небесные явления, Птолемей пытался опровергнуть его при помощи такого соображения: «Существуют люди, которые утверждают, будто бы ничто не мешает допустить, что небо неподвижно, а Земля вращается около своей оси от запада к востоку, и что она делает такой оборот каждые сутки. Правда, говоря о светилах, ничто не мешает для большей простоты допустить это, если принимать в расчет только видимые движения. Но эти люди не сознают, до какой степени смешно такое мнение, если присмотреться ко всему, что совершается вокруг нас и в воздухе. Если мы согласимся с ними,—чего в действительности нет,—что самые легкие тела вовсе не движутся, или движутся так же, как и тела тяжелые, между тем, как очевидно воздушные тела движутся с большою скоростью, чем тела земные; если бы мы согласились с ними, что предметы самые плотные и самые тяжелые имеют собственное движение, быстрое и постоянное, тогда как на самом деле они с трудом двигаются от сообщаемых им толчков,—все-таки эти люди должны были бы сознаться, что Земля вследствие своего вращения имела бы движение значительно быстрее всех тех, какие происходят вокруг нее, ибо она совершала бы такую большую окружность в такой малый промежуток времени. Таким образом, тела, которые не поддерживали бы Землю, казались бы всегда двигающимися по противоположному с ней направлению, и никакое облако, ничто летящее или брошенное никогда не казалось бы направляющимся к востоку, ибо Земля опередила бы всякое движение в этом направлении».

Как видно, главным аргументом Птолемея против годового движения Земли является то, что если бы Земля носилась в пространстве, то предметы бы от нее якобы отрывались. Точно так же основное возражение Птолемея против суточного движения Земли сводится к тому, что если бы земной шар вращался с запада на восток, то все находящиеся в воздухе предметы — облака, птицы, брошенные вверх тела и пр. — падали бы к западу, чего однако мы не замечали. Он обнаруживает, правда, ясное понимание того,

что некоторые небесные явления могут быть кажущимися и что суточное движение небосвода можно с одинаковым успехом объяснить как движением звезд, так и вращением Земли. Однако Птолемей склонялся к заключению, что гораздо легче приписать движение звездам, которые, повидимому, являются телами очень легкой природы; чем твердой и тяжелой Земле. Кроме того, он указывал на большую трудность представить себе Землю, обладающей быстрым движением, совершенно не воспринимаемым нашим сознанием.

Вообще Птолемей отвергал учение о двойном движении Земли не столько с точки зрения астрономии, сколько с точки зрения аристотелевой физики. При этом он прибегал к аргументам аристотеликов, представляющим странную смесь истины и заблуждения, но казавшимися неопровержимыми в течение двух тысячелетий. Главным аргументом было действие центробежной силы, которой приписывали гораздо больше значения, чем она имеет в действительности. Исходя из неправильного представления о действии этой силы, Птолемею и прочим аристотеликам казалось несомненным, что никакое тело не могло бы оставаться на поверхности Земли при вращении, подобно тому «как муха не продержалась бы на поверхности вращающегося волчка».

Копернику и в особенности Галилею приходилось специально заниматься разбором этого положения, которое казалось геоцентристам совершенно очевидным. Учение о движении Земли могло восторжествовать лишь после окончательного опровержения взгляда Аристотеля и его многочисленных последователей на действие тяжести, на явление движения. Это было сделано, главным образом, Галилеем после опубликования книги Коперника о гелиоцентрической системе мира.

Гелиоцентрическое мировоззрение Аристарха было окончательно отброшено и забыто в мрачную и долгую эпоху, называемую средневековьем. Это учение получило дальнейшее развитие и легло в основу новой астрономии только в эпоху Возрождения, когда наука о небе приобрела крупнейшее общественное значение.

XI. ВОЗВРАТ К ПРИМИТИВНЫМ ИДЕЯМ

Начало средних веков ознаменовалось сильнейшим упадком астрономии и других естественных наук. Главнейшей причиной этого было быстрое распространение христианства, которое объявило войну античным («языческим») воззрениям и вообще науке. К чему людям, жизнь которых христианство объявило только переходом к веч-

ному загробному блаженству, заниматься изучением Земли и небесных светил? Для христиан, считающих Землю «юдолюю испытаний», была только одна задача: проводить свое время в молитве, тщательно охранять себя от всех мирских соблазнов, чтобы после смерти попасть в «царство небесное», — пресветлую обитель, где добродетель уготовляет избранныкам «престол славы». Поэтому вероучители говорили, что христиане должны интересоваться не тем, как устроены небеса, а как надо жить, чтобы попасть на небо.

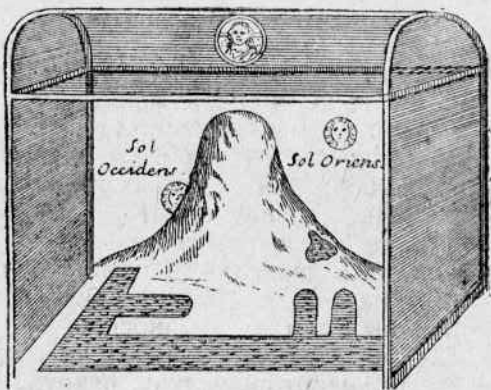
Неудивительно, что «святые патриархи» уничтожили знаменитую Александрийскую библиотеку, а Александрия и другие центры научной деятельности пришли в упадок. Учение о шарообразности Земли и о сферической форме окружающего ее со всех сторон неба было предано забвению, как языческое. Это учение вело к заключению о существовании человеческих существ на противоположной половине земного шара, которые в виду их обособленности, не имеют никакой надежды быть спасенными от грехов и попасть в царство небесное. Ведь эти люди — антиподы — не могли быть потомками первочеловека Адама, а Христос не мог пойти к ним и пострадать вторично для их спасения, так как для его появления там необходимым условием было бы существование второго рая, второго Адама и пр. Все это рассматривалось, как недопустимое противоречие христианскому вероучению, и потому существование антиподов, а значит и шарообразность Земли, отвергалось церковными авторитетами.

Так, блаженный Августин (354—430) считал, что противоположная сторона Земли не может быть населена людьми, так как священное писание не упоминает о подобных существах в числе потомков Адама. В своем сочинении «О граде господнем» он писал: «Нет никакой причины допускать баснословную гипотезу о существовании антиподов, т. е. других людей, попирающих будто бы с другой стороны Землю, где Солнце восходит тогда, когда у нас заходит... Если бы было даже доказано, что вселенная и Земля имеют шарообразную форму, все-таки нелепо предполагать, чтобы какие-нибудь люди, отважные мореходы, переплыв безграничные пространства океана, могли перейти с этой части вселенной в другую и там посадить ветвь, оторванную от семьи первого человека».

Авторитеты того времени говорили, что Земля плоская и что за Индией «сливаются окраины Земли и неба», и «начинается вселенная». Они отказывались даже принять системы мира Аристотеля и Птолемея, несмотря на то, что эти системы помещают Землю в средоточии вселенной.

В 535 г. появилось сочинение ученого монаха Козьмы Индикоплевста (что значит — «путешествовавшего в Ин-

дию») под чрезвычайно характерным названием «Христианская топография вселенной, основанная на свидетельстве священного писания и в которой не допускается (!) христианам сомневаться». В нем Козьма советует «не доверяться мирской науке, которая воображает, будто возможно объяснить вселенную разумом» и уверяет, что полную картину вселенной можно получить лишь «неотступно следуя священному писанию». Поэтому им отрицается и осмеивается мнение о шарообразности Земли, возрождается картина мира в таком виде, в каком она была создана еще вавилонянами и египтянами. Козьма объявляет Землю низом, неподвижным основанием мира и вместе с тем отрицает не только ее шарообразность, но не признает ее даже круглой. Он уверял, что Земля четырехугольна или, точнее, представляет форму параллелограмма, у которого большие стороны вдвое длиннее малых.



Фиг. 21. Строение мира по рисунку Козьмы Индикоплевста. Вселенная напоминает ящик, основанием которого служит четырехугольная Земля, поднимающаяся горой. Стены этого четырехугольника соединяются вверху в виде свода, образуя небо.

В середине этого параллелограмма находится Палестина с святым городом Иерусалимом. Параллелограмм окружен океаном, образующим Средиземное и Каспийское моря и Аравийский и Персидский заливы. Океан окружен вторым материком, куда люди не могут проникнуть, но на одной части которого (далеко на восток от населенных мест) они жили до потопа, — там помещался земной рай. Во время потопа ковчег Ноя приплыл к нашему матерiku, остановился на горе Арарат, и с тех пор рай недосыгаем, так что Земля делится на обитаемую и необитаемую части, отделенные друг от друга водным пространством. Наконец, со всех четырех сторон Земли возвышаются отвесные стены, которые соединяются и образуют свод, так что небо — купол этого здания.

Таким образом, вселенная Козьмы представляет как бы большой продолговатый ящик, где дно — Земля, а крыша — небо. Небо разделено на два этажа — на нижний свод или небесную твердь, на которой светила совершают свои обращения вокруг Земли и где пребывают ангелы, и на верхний

свод или царство небесное, который венчает и заканчивает весь мир и где находится Иисус Христос.

Наконец, Козьма предположил, что на самом севере обитаемой Земли существует большая коническая гора, за которую скрываются Солнце, Луна и планеты. Эти светила никогда не спускаются под Землю, а только обращаются около упомянутой горы, скрывающей их от нашего взора на более или менее продолжительное время. При перемещении по Земле нам будет казаться, что Солнце скрывается за горой в различных точках, более или менее удаленных от подошвы этой горы, и поэтому Солнце бывает больше или меньше времени скрыто от наших взоров. Отсюда, по мнению Козьмы, происходит неравенство дней и ночей, смена времен года и все прочие явления, происходящие на небе; движения небесных светил происходят под влиянием высшей духовной силы, которая каждому из них присуща.

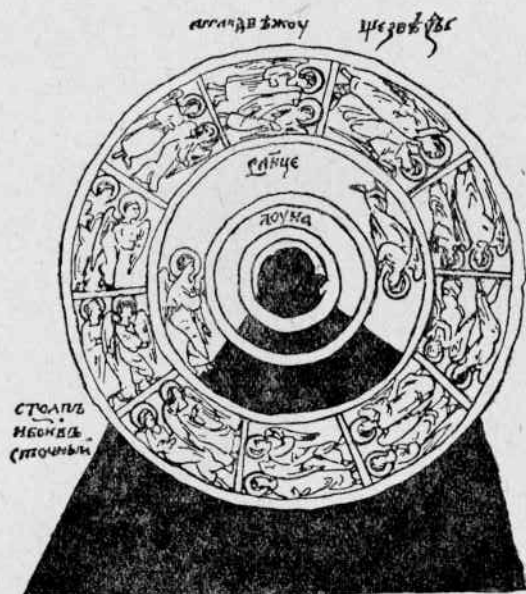
«Все светила, — говорит он, — созданы для того, чтобы управлять днями и ночами, месяцами и годами и двигаются не вследствие движения неба, но под влиянием божественных сил и светоносцев. Бог сотворил ангелов, дабы они ему служили, и одним повелел двигать воздух, другим солнце, некоторым луну, некоторым звезды, некоторым, наконец, повелел скоплять облака и готовить дождь».

Взгляды Козьмы не содержали в себе ничего оригинального: его «топография» — это смесь воззрений языческих народов с толкованиями из священных книг. Но эти наивные взгляды в конце концов перестали удовлетворять людей. Под влиянием образования городов, роста рынков и денежных богатств ускорился темп жизни и произошли сдвиги в идеологии людей. Ум человека начал усиленную работу в отведенных ему церковью ограниченных пределах, и в результате возникло новое течение, впоследствии получившее название схоластики.

Схоластика в качестве школьной науки (от «схола» — школа) достигла своего развития в XIII и XIV вв. в системах Альберта Великого, Фомы Аквинского, Дунса Скота и др. Занимаясь разработкой и систематизацией главных пунктов вероучения, схоластика ставила своей задачей примирить знание с верой, превратить науку в «служанку богословия». Благодаря схоластике церковь в конце концов перестала мешать изучению древних авторов, но заставляла науку служить «возвышению славы господней», т. е. укреплению власти церкви, защищавшей интересы феодалов. Изучение древних авторов (например, Плиния) воскресило представление о шарообразности Земли и давало сведения об античной науке. Вместе с тем, благодаря крестовым походам малокультурное европейское рыцарство и монашество пришли в соприкосновение с арабским населением и

через посредство арабов в XIII в. познакомились со всеми сочинениями Аристотеля.

Естественно—научные сочинения Аристотеля открыли перед схоластами путь к изучению природы и до известной степени поколебали исключительное господство религиозных воззрений в философии, отвели познанию некоторую, почти независимую от веры область. В этом великом языческом философе схоласты должны были признать не только



Фиг. 22. Движение небесных тел по рисунку Козьмы Индикоплевста (из русского издания XVI века). Солнце, Луна и звезды расположены на кругах, которые вращаются вокруг горы особыми ангелами—«светоносцами».

творца знаменитых трактатов по логике, но и весьма авторитетного естествоиспытателя. Правда, на Парижском соборе в 1209 г. и на Латеранском— в 1215 г. натурфилософские идеи Аристотеля (его физика, астрономия и пр.) подверглись формальному запрещению на том основании, что они породили «ересь» и могут впредь породить неведомые «лжеучения». Папа Григорий IX приказал в 1231 г. не допускать к обращению книг по естествознанию без тщательного их испытания и очищения от всякой тени «превратных» толкований. Тем не менее стремление ограничить знакомство с Аристотелем одними философскими его сочине-

ниями не удалось, и уже в 1254 г. парижский университет одобрил полное издание сочинений Аристотеля.

В это время хозяйство некоторых европейских стран достигло значительной высоты. В богатых городах жил все более и более усиливающийся буржуазный класс, а папская власть превратилась в общеевропейскую монархию. Развивались производства и торговля, а под их влиянием и науки и искусства. В это время христианская церковь не могла уже попрежнему отрицательно относиться к естествознанию, а значит и к тому, что сделано в этой области в древнем мире. Поэтому она примирилась с Аристотелем, убедившись, что для нее страшна не книжная ученость схоластических последователей греческого мудреца, которых можно было вполне контролировать и держать в руках, а независимое естествознание, которое шло вперед своей дорогой, не подчиняясь авторитетам и ускользая от церковного контроля.

Схоласты, желавшие дискутировать, а не наблюдать, остановились на том уровне науки, который содержался в книгах Аристотеля. Они до того свыклись с вытверженной, книжной мудростью, что для них, по удачному выражению историка физики Розенбергера, «стало невозможным самостоятельно находить дорогу от книги к природе». В естественно-научных сочинениях Аристотеля схоласты изучали не природу, а самого Аристотеля, продолжая без устали пережевывать имеющийся у него материал и отрицая опыт. Даже в начале XVII в., когда патер Шейнер пожелал показать главе своего ордена в зрительную трубу вновь открытые солнечные пятна, его начальство компетентно заявило: «Напрасно, сын мой; я читал сочинения Аристотеля с начала до конца много раз и могу заверить, что я нигде не нашел у него ничего подобного. Иди и успокойся. Будь уверен, что то, что ты принимаешь за пятна на Солнце, это только недостатки твоих стекол или твоих глаз».

С XIII в. схоласты в качестве христианизированных аристотелианцев¹ рисовали себе картину мира, которую Данте запечатлел в своем гениальном художественном произведении «Божественная комедия». В этой фантастической поэме люди получили образное представление о наивысшем «достижении» теологической мысли — о том, чему учили свя-

¹ Философские идеи Аристотеля (вместе с астрономическими взглядами Птолемея) с XIII в. признавались неотъемлемыми элементами христианской веры. Мыслители, нападавшие на Аристотеля, признавали, что они имеют дело с голнафом церкви, что удар по этим идеям является ударом по религиозному авторитету. Через 79 лет после смерти Коперника, в 1624 г., парижский парламент издал декрет, грозивший изгнанием всем, кто публично выступит с каким-нибудь тезисом против Аристотеля, а пять лет спустя тот же парламент (по настоянию богословов Сорбонны) постановил даже счи-

той Фома Аквинский и другие авторитеты церковной философии.

Согласно этой системе мира Земля уже не плоская равнина, заключенная между четырьмя стенами и покрытая сверху твердым сводом, как это представляли себе Козьма и другие прежние теологи, а шар, неподвижно расположенный в центре вселенной. Внутри этого шара находится ад, со всеми его подразделениями, а снаружи он окружен водой, затем — воздухом и наконец — огнем, т. е. подлунный мир составляют четыре аристотелевских элемента. Вокруг этого «элементарного» центра находится эфирная часть вселенной в виде прозрачных сфер, образующих заключенные одно в другое небеса, вращаемые ангелами («чистыми духами») вокруг Земли. В ближайшем к Земле небе находится Луна, затем идут небо Меркурия, небо Венеры, небо Солнца, небо Марса, небо Юпитера и небо Сатурна. За небом этой планеты находится небесная твердь или небо неподвижных звезд (восьмая сфера), а еще выше — перводвигатель, заканчивающий собой материальный мир (девятая сфера). Наконец, все эти сферы включены в десятое или горнее небо, которое неподвижно и служит границей между вселенной и наружной пустотой. Это — эмпирей или «жилище блаженных душ», где в свете, ни для кого не доступном, восседает на троне триединный бог, имеющий в своем распоряжении целую рать «чинов» ангельских и архангельских. При этом каждый из этих «чинов» выполняет строго определенную роль, возложенную на него богом: одни — на горнем небе, другие — в движущихся сферах, а третьи — на Земле.

Итак, согласно средневековой картине мира, Земля занимает центральное положение, а все вещи в мире бог создал для человека, ради человека и на пользу ему, ибо человек признается «конечной целью» вселенной.

ХИ. ВЕЛИКИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОТКРЫТИЯ И АСТРОНОМИЯ

Интересы торговли вызвали крестовые походы, которые в сущности были завоевательно-торговыми экспедициями. В связи с развитием торговли, ростом городов и расширением ремесла, в нарождающемся буржуазном

тать противоречие принципам Аристотеля равносильным противоречию предписаниям церкви. Неудивительно, что вопрос «за или против Аристотеля?» — был первый вопрос, который ставили ученые и философы того времени. Однако, курьезная сторона этой «аристотелемании» состояла в том, что обе стороны часто не имели понятия о действительных мнениях Аристотеля, приписывая ему такие идеи, которые при ближайшем знакомстве с его сочинениями, оказывались совершенно противоречащими его взглядам.

классе стала нарастать энергия, которая влекла его к различным предприятиям. У буржуазии стали все более повышаться научные интересы, потому что она понимала, что ее будущее зависит от успехов в использовании естественных сил, а следовательно от того, насколько правильно ученые постигнут тайны природы. Главное орудие своей будущей мощи она начала видеть в естествознании, которое является теоретической базой, основой техники и поэтому началось возрождение античной науки. По выражению Энгельса «новое время начинается с возвращения к грекам», т. е. с изучения их научно-философского наследства. А в связи с этим стала все более выявляться борьба между буржуазией и папством, которое являлось опорой феодализма.

В течение нескольких веков естественные науки росли и крепились вместе с ростом и усилением буржуазии. Энгельс в предисловии к английскому изданию своей брошюры «Развитие социализма от утопии к науке» по этому поводу пишет: «Вместе с расцветом буржуазии шаг за шагом шел вслед гигантский рост науки. Возобновился интерес к астрономии, механике, физике, анатомии, физиологии. Буржуазии, для развития ее промышленности, нужна была наука, которая исследовала бы свойства физических тел и формы проявления сил природы. До этого же времени наука была смиренной служанкой церкви, и ей не было позволено выходить за пределы, установленные верой: короче, она была чем угодно, только не наукой. Теперь наука восстала против церкви; буржуазия нуждалась в науке и приняла участие в этом восстании».¹

После завоевания Константинополя турками в 1453 г., греческие беженцы привезли с собой из этого города ценные рукописи Птолемея и некоторых других античных авторов. Среди образованных слоев европейского общества началось усиленное изучение этих трудов, шедшее параллельно с практическим наблюдением природы. Европейское общество, хозяйственная база которого была гораздо шире базы рабовладельческого строя, быстро перешло на ту степень развития, которой достиг античный мир. Понятно поэтому, что античная наука вскоре оказалась неспособной действовать дальнейшему прогрессу общества.

В самом деле, одно лишь изобретение книгопечатания позволило естественным наукам двигаться семимильными шагами вперед. Благодаря напечатанию Гуттенбергом около 1450 г. первой книги началось уничтожение феодально-духовной монополии учености, и это позволило чуть ли не каждому купцу и промышленнику превратиться в естествоиспытателя.

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс, Собр. соч., т. XVI, ч. 2, стр. 296.

После неудачи крестовых походов и завоевания Константинополя турками Европа потеряла прежний интерес к сухопутным торговым путям в Азию. Но вместе с тем у народов, живших у открытого Атлантического океана, возник большой интерес к Индии, которая казалась страной сказочных сокровищ. Наиболее удобным считался морской путь в эту страну, и в поисках этого пути моряки и авантюристы, влекомые жадной золотом и приключений, переплывали не только моря, но и океаны. В результате был совершен ряд великих географических открытий: открыты Америка и неизвестные раньше земли Африки, Азии и Океании, найден морской путь в Индию, совершено первое путешествие вокруг света и т. д. Все это сопровождалось завоеванием и разграблением огромных государств западно-европейскими народами.

Эти события оказали колоссальное влияние на развитие культуры. Они расширили узкий кругозор средневековья и опровергли целый ряд старых фантазий о мире. У людей создался масштаб больших расстояний и им стало ясно, что не существует никакого «края света». В новых странах люди с изумлением увидели незнакомые им до сих пор созвездия, и на основании своего опыта они убедились, что Земля имеет форму шара и свободно висит в мировом пространстве. Это было исключительно важное открытие, так как большинство людей в это время все еще представляло себе Землю в виде плоского диска, на «краях» которого вода, воздух и облака смешивались в непроницаемую смесь.

Так как учение об антиподах преследовалось церковью, то даже те схоласты, которые вместе с Аристотелем верили в шарообразность Земли, остерегались высказывать свои убеждения. Например, когда папа узнал, что епископ Виргелий верит в существование антиподов, он вызвал его в Рим на суд как еретика. Неудивительно, что когда Колумб после 18 лет напрасных исканий поддержки своему великому предприятию явился, наконец, к испанскому двору и был направлен в саламанский совет, то последний не замедлил основательно «ниспровергнуть» все доводы Колумба о шарообразности Земли цитатами из Библии и сочинений святых отцов.

То обстоятельство, что Колумб, невзирая на все препятствия, открыл новую часть света, прорвало в одном месте кольцо, которым церковь и схоластика окружили науку. После этого все кольцо начало распадаться: наступил конец схоластическому аристотелизму. Если большинство все еще наперекор всему продолжало держаться за схоластическую премудрость, то уже немало мыслителей (Эразм, Вивес и др.) все яснее и яснее сознавали позор оков для науки и гневно рвали в бой. Они говорили, что природа поз-

нается не слепым преданием и не хитроумными рассуждениями, а наблюдением и опытом, что надо обращаться непосредственно к природе, по примеру древних. Они противопоставляли схоластике опытную науку, справедливо утверждая, что поступить в истинном духе Аристотеля — это значит идти дальше него.

Таким образом, прежде чем произведенная Коперником великая астрономическая революция успела «сдвинуть с места» земной шар, старое учение о мире испытало неожиданное потрясение от важного переворота на Земле. Этот переворот был вызван открытием Колумба и бросившимися вслед за ним на поиски новых земель путешественниками и авантюристами (это слово еще не имело оскорбительного смысла). Не только грамотные, но и малограмотные с увлечением слушали рассказы, в которых правда была смешана с фантазией, о диковинных странах с их неведомыми миру животными, растениями, людьми, сокровищами и т. п. Прежде всего привлекало то, что в новооткрытых странах мало людей, что дикари очень простодушны и слабо вооружены, а золото и серебро, по рассказам, имеется в таком изобилии, что достаточно нагнуться, чтобы стать сразу обладателем больших богатств.

Неудивительно, что жажда наживы охватила не только верхи общества, но проникла глубоко и в его толщу, а это привело к тому, что мир сдвинулся с вековых неподвижных своих основ. Начали шататься и трещать старые устои хозяйства, быта и идеологии, а благодаря этому в естественных науках, и в особенности в астрономии, началась эпоха великих открытий и изобретений, представлявших собой как бы преддверие капиталистического общества. Недаром гуманист Гуттен (1488—1523), представитель молодой немецкой буржуазии XVI в., сказал о своем времени: «Троны шатаются, умы волнуются, наука рвется в бой, — как славно жить, да, как славно жить в эти годы, мои друзья!..».

Великие географические открытия, сделанные в итоге широкого развития торговых сношений и поисков новых рынков, знаменуют собой переход от средних веков к новому времени, т. е. смену социально-экономической формации. Эти открытия вызвали колоссальный рост предъявленных науке требований, поставили перед культурным человечеством много новых технических, хозяйственных и т. п. задач. Поэтому Энгельс, указывая на связь науки и практики, т. е. производства, писал: «Если после темной ночи средневековья вдруг заново возрождаются с неожиданной силой науки, начинающие развиваться с чудесной быстротой, то этим чудом мы... обязаны производству».¹

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Диалектика природы. Собр. соч., т. XIV, стр. 439.

В связи с развившимся океаническим мореплаванием возникла потребность точно ориентироваться в открытом море. Для этого необходимо было точное наблюдение над небесными светилами. Это, в свою очередь, повело к усовершенствованию астрономических инструментов и к изобретению новых.

Например, путешествия в открытом море сделались возможными только после того, как изобретены были два про-



Фиг. 23. Португальский корабль эпохи великих географических открытий. Видны два кормчих, которые измеряют высоту небесных светил с целью ориентировки.

стых прибора: крейцштаб, служащий для измерения угловых расстояний, и параллактическая линейка, употребляемая для определения высот звезд над горизонтом. Но одних этих инструментов было, конечно, недостаточно, — требовалось также знание законов движения небесных тел. Поэтому каждую крупную экспедицию сопровождал астроном. Колумб говорил: «Существует лишь одно безошибочное корабельное исчисление, это — астрономическое. Счастлив тот, кто с ним знаком, — мореплавателю служат компас и знание».

Точно так же португальский математик Педро Нун, говоря в 1537 г. о важных географических открытиях пор-

тугальцев, подчеркивал, что моряки были людьми, овладевшими наукой своей эпохи. Он писал: «Таким образом, очевидно, что открытие берегов, островов и твердой земли не делалось случайно, но что наши моряки отправлялись вполне подготовленными и вооруженными инструментами и знанием правил астрономии и геометрии».

Астрономия и мореплавание вошли тогда в очень тесное соприкосновение. Так, португальский король Иоанн предложил астрономам обучить моряков пользованию астрономическими способами наблюдения. Вскоре стало выявляться, что задачи, поставленные мореплаванием, оказали большое влияние на развитие астрономии.

К интенсивным занятиям астрономией побуждало не только развитие мореплавания, но и то обстоятельство, что календарь к тому времени пришел в беспорядок и это весьма беспокоило церковь. Еще в древнем Риме жрецы привели календарь в такое состояние, что, по словам Вольтера, «римские полководцы всегда побеждали, но никогда не знали, в какой день это случилось». Сравнительно удовлетворительную реформу календаря произвел в 45 г. до хр. эры Юлий Цезарь при участии александрийского астронома Созигена. Разница между средней длиной года, установленной юлианским календарем, и истинной его величиной незначительна, но за 128 лет эта разница составляет сутки. Поэтому во вторую половину XVI в. весеннее равноденствие приходилось почти десятью днями раньше, чем в эпоху Никейского собора (325 г. хр. эры), на котором установлены были правила исчисления дня пасхи, так что начало весны приходилось уже на 11 марта. С другой стороны, таблицы движения Луны, составленные по церковному календарю, на 4 дня не сходились с наблюдениями, вследствие чего нельзя было установить точно время празднования пасхи и троицы. Поэтому католическая церковь в течение свыше ста лет старалась привлечь астрономов (между прочим и Коперника) к участию в решении вопроса о реформе календаря.

Следует, однако, иметь в виду, что в течение четырнадцати веков, протекших со времени обнародования «Альмагеста» до смерти Коперника, не было сделано ни одного астрономического открытия первостепенной теоретической важности. Искусство наблюдения не стояло на одном месте в средние века, причем арабские, татарские и другие астрономы этой эпохи были терпеливыми и аккуратными наблюдателями и хорошими вычислителями, но ни одному из них мы не обязаны какой-нибудь крупной оригинальной идеей. Важно только то, что тщательные наблюдения арабских астрономов обнаружили недостатки старых греческих эфемерид, т. е. составленных Птолемеем таблиц, указывающих

местонахождение светил. В связи с этим время от времени составлялись новые астрономические таблицы, построенные в общем на тех принципах, что и «Альмагест», но видоизмененные новыми числовыми данными относительно размеров различных кругов, наклона орбит и т. д.

Достижения арабской астрономии были учтены уже упомянутым королем Альфонсом X Кастильским (1221—1284), который собрал астрономический конгресс в Толедо, где арабские, еврейские и христианские ученые под руководством раввина Исаака бен-Саид Гассана занялись исправлением птолемеевых таблиц. Эти «альфонсовы таблицы», вычисленные на основании новых наблюдений, были обнародованы в 1252 г. (в день восшествия Альфонса на престол), быстро разошлись в Европе и просуществовали очень долгое время (королю пришлось заплатить за них, по преданию, 400 000 червонцев). Они не заключали в себе каких-нибудь новых мыслей, но многие числовые данные, особенно длина года, определены были с гораздо большей точностью, чем прежде, и это было очень важно.

В дальнейшем материалы, накопленные астрономами, показали, что и эти таблицы, вычисленные на основе теории эпициклов, имеют целый ряд недостатков, что они недостаточно совпадают с точными наблюдениями. Например, одно лунное наблюдение запоздало на целый час, а Марс оказался на расстоянии 2° от вычисленного положения. Так, в конце концов, возникла мысль о необходимости «астрономических реформ».

Австрийский астроном Пеурбах (1423—1461) понял, что улучшение существующих таблиц планет является первым условием дальнейшего развития астрономии. Поэтому он, дав новое, необычайно ясное и логичное изложение старой планетной теории Птолемея,¹ предпринял новое исправле-

¹ В этом изложении Пеурбах, между прочим, особенно четко выявил давно уже замеченное разногласие между взглядами Аристотеля и Птолемея на систему мира. По мировоззрениям Аристотеля, Солнце, Луна, пять планет и неподвижные звезды прикреплены к разным сферам, лежащим одна внутри другой, причем все эти сферы приводятся в движение особой сферой, так называемым перводвигателем (за ним средневековые ученые обыкновенно помещали эмпирей — «жилище блаженных» — или небо). Эти сферы отличны от комбинации кругов, которыми пользовался Птолемей и которые известны под названием эпициклов и деферентов, ибо по этой системе мира каждая планета свободно двигалась в пространстве. В виде компромисса Пеурбах предложил гипотезу, согласно которой внутри хрустальных сфер имеются пустые места для эпициклов Птолемея. Но хотя в лице Пеурбаха, Региомонтана и их продолжателя Вальтера мы имеем последних и наиболее блестящих представителей птолемеевой системы (показавших эту систему в первоначальном, неискаженном виде), они своими точными и многочисленными наблюдениями подготовили падение птолемеевой системы.

ние астрономических таблиц. Закончена была эта работа его учеником Вольфгангом Мюллером (1436—1476), прозванным Региомontanом. Его эфемериды для Солнца, Луны и планет вышли в свет в 1475 г. и охватывали период с 1475 г. по 1560 г. Книгопечатание способствовало быстрому распространению таблиц в различных странах и они сдела-



Фиг. 24. Астроном конца средневековья в своем кабинете (с гравюры Страдануса 1520 г.).

лись важнейшим пособием не только для астрономии, но и для мореплавания. Ими широко пользовались в своих морских путешествиях Колумб, Америго-Веспучи, Диас, Васко-де-Гама и другие великие путешественники того времени. Без этих таблиц, как и без упомянутых астрономических измерительных инструментов, эти смелые люди не могли бы решиться на свои столь опасные экспедиции.

Итак, с конца XV в., когда европейцы вступили в полосу дальних плаваний и океанских экспедиций, интерес к астрономии стал необычайно велик. Астрономия представляла собой не отвлеченную науку, извлеченную из древних пергаментов и интересную лишь немногим специалистам, а живую практическую науку, имевшую крупнейшее общественное значение. Но именно благодаря этому в конце концов

стало ясно, что астрономия не может больше удовлетворяться устарелыми теориями древности, что нельзя уже довольствоваться чрезвычайно громоздкой теорией эпициклов, так как накопленные новые наблюдения противоречили этой обветшавшей теории.

Например, нельзя было не заметить, что работы Пеурбаха и Региомонтана, пытавшихся вложить фактические результаты наблюдений в систему Птолемея, оставляют много пробелов. Благодаря этим работам окончательно выяснилось, что по птолемеевой системе нельзя предвидеть полностью даже главных движений светил, что накопления ошибок нельзя избежать и при дальнейшем усложнении этой системы, и что они очевидно вытекают из самих основ старой системы мира.¹ В результате всего этого уже в конце XV в. должен был возникнуть вопрос о пересмотре старой общепринятой геоцентрической теории. В начале XVI в. Коперник сделал великий, решительный шаг вперед, заменив геоцентрическую систему мира гелиоцентрической и положив этим начало новому мировоззрению.

Все это еще раз убеждает нас в том, что основной причиной развития науки были возросшие потребности практики. Астрономы штурмуют небо, отбрасывая старые представления о мире, чтобы мореплавателям легче было открывать новые земли, и тем самым показывают неразрывную связь науки и жизни, теории и практики. Благодаря этой связи наука не может превратиться в догму, в нечто мертвое, застывшее, закостенелое. Марксизм-ленинизм всегда обращал внимание на это обстоятельство. Товарищ Сталин, выступая за тесную связь науки с практикой, говорит: «Данные науки всегда проверялись практикой, опытом. Наука, порвавшая связи с практикой, с опытом,—какая же это наука? Если бы наука была такой, какой ее изображают некоторые наши консервативные товарищи, то она давно погибла бы для человечества. Наука потому и называется наукой, что она не признает фетишей, не боится поднять руку на отживающее, старое, и чутко прислушивается к голосу опыта, практики. Если бы дело обстояло иначе, у нас не было бы вообще науки, не было бы, скажем, астрономии, и мы все еще пробаивались бы обветша-

¹ Впрочем, еще и раньше знаменитый средневековый западно-арабский ученый Аверроэс (1126—1198) в своем очерке об «Альмагесте» (где он в сущности разделяет взгляды Птолемея) сделал замечание, что вычисления верны, но действительное положение вещей все-таки не объясняется птолемеевой системой мира. Он высказал мнение, что теория эпициклов и эксцентриков неправдоподобна, и выразил пожелание, чтобы эти слова побудили к исследованию других ученых, так как сам он уже слишком стар.

лой системой Птолемея, у нас не было бы биологии, и мы все еще утешались бы легендой о сотворении человека, у нас не было бы химии, и мы все еще пробавлялись бы проприциями алхимиков».¹

ХІІІ. ПРЕДВЕСТНИКИ НОВОГО УЧЕНИЯ

Прежде чем приступить к изложению учения Коперника, необходимо остановиться на двух замечательных предвестниках нового мировоззрения. Мы говорим о кардинале Николае Кребсе (1401—1464), известном под именем Кузанского (по названию его родного города), и знаменитом художнике Леонардо да-Винчи (1452—1519), стремившимся создать новую систему мира. Оба они возражали против основных положений древнегреческой астрономии: учения о совершенстве небесных тел и их кругообразных движениях — в противоположность земным элементам и прямолинейным движениям на Земле. Это показывает, что деятельность Коперника, Бруно, Кеплера и других великих творцов нового учения о мире была подготовлена всем историческим развитием и не оторвана от предшествовавших стремлений в науке.

Николай Кузанский во многом не соглашался с господствовавшим учением Аристотеля, в особенности с его физикой и астрономией. Так, в своем сочинении, озаглавленном «Ученое невежество», он не только отвергал абсолютность «верха» и «низа», но и развивал смелую, оригинальную мысль о том, что вселенная не имеет центра, — мысль, являющуюся одной из капитальных идей нового, материалистического мировоззрения. Он говорил, что Земля уже потому не может находиться в центре вселенной, что бесконечная вселенная не может иметь никакого средоточия, так как центр есть точка, находящаяся на равном расстоянии от всех частей окружности. А вселенная не может иметь окружности, говорил он, потому что за этой окружностью необходимо должно находиться еще что-нибудь; стало быть, вселенная не имеет ни центра, ни окружности.

Замечательно, что в этом отношении Николай Кузанский шел дальше Коперника, рассматривавшего солнечную систему лишь как ядро шарообразной вселенной с Солнцем в центре, и был в этом отношении предшественником Джордано Бруно. Последний относился к идеям ученого кардинала с великим уважением; он говорил: «Если бы монашеский клобук не затмевал и не стеснял порой его гения, то Кузанского надо было бы считать выше Пифагора».

¹ Речь на I Всесоюзном совещании стахановцев. Партиздат, 1935, стр. 21 и 22.

Кузанскому принадлежит великолепное выражение, что вселенная есть сфера, которая «имеет свой центр повсюду, а свою окружность нигде».¹ При этом он указывал, что чем больше радиус круга, тем меньше его кривизна, а окружность наивеличайшего круга не будет иметь никакой кривизны, — она будет прямой линией.

Николай Кузанский смело высказал и подробно развил и другую мысль, также принадлежащую к числу капитальных идей нового, научного мировоззрения. Вопреки Аристотелю, Птолемею и другим авторитетам, он учил не только тому, что вселенная не имеет центра, но и тому, что между земным или элементарным и небесным или астральным нет различия по существу составляющей их материи. Этот мыслитель говорил, что Земля — такое же небесное тело, как Солнце, Луна и другие светила. По своим размерам Земля меньше, чем Солнце, но больше, чем Луна, причем для отдаленного наблюдателя Земля должна казаться светящимся телом. Что же касается Солнца, то оно объявилось землеподобным телом, которое окружено светлой периферией, испускающей свет и теплоту. (Это — начало учения о солнечной фотосфере, развитого Вильямом Гершелем, но впоследствии отвергнутого.)

Николай Кузанский говорил о «жителях других звезд» и считал, что «ни одна из звездных областей не лишена жителей». Он, стало быть, смело провозгласил идею множественности обитаемых миров, за которую впоследствии Джордано Бруно был осужден как еретик и сожжен живым на костре. Если сам автор не пострадал за свои идеи о мирах, бесконечности и т. д., то это, по всей вероятности, объясняется тем, что они сделались известны только после его смерти.

Что касается учения о движении Земли, то оно в сочинениях и рукописных заметках Николая Кузанского выражено неясно. Он признавал движение общим свойством всех без исключения тел, и поэтому считал, что Земля имеет движение подобно всем телам вселенной. Ход его рассуждений был таков: в природе нет ничего неподвижного, так как безграничная вселенная не имеет центра, а только центр мог бы быть неподвижным; поэтому и Земля движется, не покоится в центре мира и не хуже всех других небесных светил.

Николай Кузанский хорошо понимал относительность движения. «Земля в самом деле движется — писал он —

¹ Этот знаменитый афоризм нередко предписывается Паскалю, но последний его лишь повторил в своих «Мыслях». В этой книге он писал: «Сколько бы ни напрягали мы наше представление за пределы воображаемых пространств, мы можем породить лишь атомы вместо действительных вещей. Вселенная — бесконечная сфера, центр которой всюду, а окружность нигде».

хотя мы этого не замечаем, так как мы ощущаем движение лишь при сравнении с чем-либо неподвижным». Однако он не пришел к мысли, что таким неподвижным пунктом могут быть звезды. Все же чрезвычайно важно следующее его замечание: «Если бы кто-нибудь не знал, что вода течет, не видел бы берегов и был бы на корабле посредине вод, как мог бы он понять, что корабль движется? На этом же основании каждому, находится ли он на Земле, на Солнце или какой-нибудь другой звезде, всегда будет казаться, что он стоит в неподвижном центре, между тем как все остальные вещи вокруг него движутся. Если бы он оказался на Солнце, на Луне, на Марсе,—всегда наверняка он будет указывать другие полюсы».

Но в чем именно состоит движение Земли? Как уже сказано, на этот вопрос весьма трудно ответить, так как взгляды Николая Кузанского о земном движении довольно темны, туманны. Вызвана же эта неясность главным образом тем, что его утверждения покоятся не столько на наблюдениях и математических выводах, сколько на общих, философских соображениях. Не подлежит лишь сомнению, что он приписывал Земле вращение вокруг оси, но не дошел до мысли о движении Земли вокруг Солнца. Правда, кроме вращательного движения, он приписывал Земле еще какое-то движение, как будто даже еще два движения, но в чем состоят эти движения — понять нелегко. Но важно то, что в «системе мира» Николая Кузанского впервые поколеблен, потрясен освященный почти полуторатысячелетней устойчивостью авторитет Птолемея и созданы предпосылки для великого переворота в астрономии, произведенного почти столетие спустя Коперником.

Впрочем, сочинения этого кардинала-мыслителя, повидимому, были неизвестны Копернику, ибо голос его прозвучал совершенно одиноко, не найдя в официальной философии никакого отклика. То же можно сказать и о другом предвестнике нового мировоззрения, о Леонардо да-Винчи, который был не только гениальным художником и крупным инженером, но и великим ученым и мыслителем.

Этот гигант мысли был далек от казенной, официальной науки своего времени. Порвав связь со «школьной наукой» своей эпохи, сводившейся к истолкованию авторитетов древности, Леонардо да-Винчи провозгласил себя служителем «опыта», подчеркивая: «Кто ссылается на авторитет, тот пользуется не своим умом, а своей памятью». Он говорил, что «мудрость есть дочь опыта», что «опыт никогда не ошибается», что «ошибаются лишь наши суждения», что опыт есть источник знания. Противопоставляя себя официальным ученым, он говорил: «Если я не умею, как они, приводить места из авторов, то я призываю нечто

высшее и достойнейшее, призываю опыт, бывший учителем из учителей. Я хорошо знаю, что иные напыщенные люди сочтут себя вправе порицать меня, ссылаясь на то, что я человек без учености. Безумный народ! Не знают, что подобно тому как Марий ответил римским патрициям, я мог бы сказать им: украшающиеся чужими трудами не хотят



Фиг. 25. Леонардо да-Винчи.

оставить за мной плодов моего собственного труда. Они скажут, что, не обладая ученостью, я не могу хорошо выразить того, о чем хочу трактовать. Они не знают, что предметы, меня занимающие, зависят от опыта, а не от слов. Опыт был учителем тех, которые хорошо писали. Во всяком случае, он мой учитель». В другом месте он говорит о тех же ученых: «Они ходят, спесиво надувшись, разодетые и разукрашенные, и не хотят оставить мне плод моих трудов. Они презируют меня — изобретателя! Но каких же порицаний заслуживают они, не изобретатели, а фанфароны и декламаторы чужих трудов... Изобретатели по сравнению с ними то же, что предмет, стоящий перед зеркалом, по сравнению с изображением этого предмета в зеркале. Предмет есть нечто сам по себе, изображение — ничто».

Как астроном, математик, философ Леонардо да-Винчи стал известен сравнительно недавно. Разносторонность его во всю величину выяснилась лишь когда были изданы оставшиеся после него многочисленные рукописи (преимущественно в виде заметок, набросков и т. д.), касавшиеся самых различных вопросов. Они раскрыли все величие научного мировоззрения Леонардо и показали, что он был предшественником Галилея, Бэкона и Декарта, с именами которых связывается великий научно-философский переворот, совершившийся в XVII в. и положивший основы современного естествознания.

Рассуждения Леонардо по астрономическим вопросам показывают, что идеи этого художника-ученого о строении вселенной далеко отходят от средневековых понятий. Для него, как и для Николая Кузанского, нет различия между элементарным (земным) и астральным (небесным), т. е. Землю он считает таким же небесным телом, как Луна и другие светила. Он указывал, что наблюдаемые на Земле возникновения и разрушения элементов обозначают лишь переход от одной формы вещества к другой и что такой переход совершается одинаково на всех небесных телах. Он указывал, что поверхность Земли отражает лучи Солнца и что вследствие этого обитателям Луны и других отдаленных миров Земля должна представляться небесным светилем, казаться звездой. «Земля, — говорил Леонардо, — находится не в середине солнечной орбиты и не в центре мира, но среди своих элементов, сопровождающих ее и с нею соединенных». Он считал, что каждое светило имеет свою «сферу склупения», т. е. свой собственный центр притяжения (это не учение о взаимном тяготении между светилами, а только представление о притяжении отдельным светилем его элементов).

Например, о Луне да-Винчи говорил: «Луна плотна; как плотная, она тяжела; как тяжелая, она не может быть подддержана пространством, какое она занимает. Поэтому она должна бы спускаться к центру вселенной, соединиться с Землей..., чего однако не бывает. Это является ясным свидетельством того, что Луна одета своими элементами... и таким образом держится в себе и сама собой в пространстве, точно так, как наша Земля с своими элементами и в другом пространстве. Тяжелые тела среди ее элементов делают то же, что они делают среди наших».

Солнце Леонардо считал чрезвычайно горячим небесным телом. Он первый нашел объяснение загадочного «пепельного света» Луны, т. е. серого сияния внутри лунного серпа. Оказалось, что этот свет не принадлежит Луне, что он есть не что иное, как отражение лучей, падающих на лунную поверхность от земного шара, освещенного Солнцем.

Это, конечно, было весьма важным доказательством того, что Земля является таким же небесным светилом, как и Луна.

У да-Винчи Земля не находится в центре мира, но из его сочинений не ясно, какое именно тело он считал центральным по отношению к Земле. Несомненно лишь то, что он допускал суточное вращение Земли и поэтому в 1516 г. занимался вопросом о движении тела по поверхности шара, который вращается около своей оси. Он опровергал представление о вращении небесных сфер, зацепляющих одна другую, на том основании, что трущиеся друг о друга тела стираются. Он указывал, что если бы существовали небесные сферы, движущиеся одна внутри другой в продолжение столетий, то их вращение давно прекратилось бы, в особенности на экваторе, где скорость, а следовательно и трение, должны быть наибольшими.

Словом, в астрономии (как и в механике, физике и многих других отраслях естествознания) Леонардо да-Винчи стоял значительно выше своего времени. Но так как его работы не увидели света до недавнего времени, его блестящие идеи оставались неизвестными Копернику, Галилею и другим основоположникам современного естествознания.

Во всяком случае на Коперника, как на создателя новой системы мира, оказали влияние не непосредственные его предшественники, а сочинения античных авторов. Он сам подчеркивал, что нашел зародыши своего учения в книгах римлянина Цицерона (106—43 до хр. эры) и грека Плутарха (50—190 хр. эры), в которых упоминается об идеях Филолая, Хикета, Гераклида и Экфанта. Коперник объединил уцелевшие осколки непонятого, непризнанного и забытого древнегреческого воззрения о движении Земли и в обосновании этого учения увидел дорогу, по которой астрономии нужно идти.

Следует отметить, что в то время не одного только Коперника занимала проблема планетных орбит, играющая такую важную роль в строении мира. Некоторые его современники тоже искали новое объяснение загадочных неравномерностей (петель, остановок и обратных движений) планет, для которых Птолемей разработал свою чрезвычайно сложную и громоздкую теорию эпициклов.

Как мы уже вскользь отметили, философ Фракасторо (1483—1553) в 1536 г., т. е. всего лишь за несколько лет до опубликования великого творения Коперника, выпустил сочинение «Гомоцентрики», в котором сделал попытку отбросить птолемееву теорию движения планет. Он заменил ее учением о движении светил по гомоцентрическим кругам, так что он в сущности не внес ничего нового и даже сделал шаг назад. Фракасторо стремился восстановить и обосно-

вать при помощи новых вычислений известное нам представление Евдокса, Калиппа и Аристотеля о концентрических путях планет вокруг центра Земли, причем ему пришлось усложнить это представление, допустив 79 сфер. Таким образом Фракасторо, подобно Аристотелю, Птолемею и др., стоял на геоцентрической точке зрения. Его система мира была чрезвычайно громоздка, а изложение непонятно и никого убедить не могло. Поэтому его книга представляет интерес лишь в том отношении, что она служит доказательством наметившегося в то время у некоторых астрономов недовольства общепринятой эпициклической теорией планетных движений, т. е. системой Птолемея.

Современник и друг Коперника, астроном Кальканьини (1479—1541) написал небольшую, всего в восемь страниц, брошюру под названием «Почему небо стоит, а Земля движется, или о непрестанном движении Земли». Сочинение это было напечатано лишь в 1544 г., после смерти автора, но оно было известно в некоторых ученых кругах и раньше, так как автор, по всей вероятности, разослал рукописные экземпляры, по тогдашнему обычаю, своим ученым друзьям. Кальканьини считал, что Земля должна вращаться вокруг своей оси, совершая оборот в одни сутки, причем он указывал, что подобно тому, как цветы и листья поворачиваются все к Солнцу, так и Земле приходится постоянно обращать различные части своей поверхности к дневному светилу. Но, по Кальканьини, Земля только вращается, оставаясь в центре мироздания. Этот ученый не допускал движения Земли вокруг Солнца, не смотрел на Землю как на небесное тело. В общем этот ученый вернулся к взглядам Хикета, Экфанта и отчасти Гераклида Понтийского, т. е. пытался воскресить один из вариантов геоцентрической системы мира.

Нанести системе Птолемея, а значит и геоцентризму, действительно серьезный удар, сделать решительный шаг по пути критического пересмотра укоренившихся представлений о вселенной и таким путем положить действительную основу астрономии, удалось лишь Копернику. На это великое дело он потратил около сорока лет (по его собственному выражению свыше «четырежды девяти лет»), и в течение этого времени он написал свою знаменитую книгу, которую неоднократно переделывал, дополнял и улучшал. Он тщательно обдумывал каждую затронутую в ней мелочь, ибо понимал, что против укоренившихся традиций надо выступить хорошо вооруженным.

Весьма интересно то, что впервые изложение основ учения Коперника появилось в печати не от имени его творца, а от его восторженного ученика, молодого астронома Ретика (1514—1576). С целью создать хороший прием новому

учению, он, с разрешения Коперника, написал небольшую книжку, просто и ясно излагающую это учение; она вышла в конце 1539 г. в Данциге. Друзья Коперника приняли меры к широкому распространению ее. По обычаю тех времен она была написана в форме обстоятельного письма и имела витиеватое название «Светлейшему уму, господину Иоанну Шюнеру, о книгах обращений ученнейшего мужа и превосходнейшего математика, достопочтенного господина доктора Николая Торнского, каноника эрмеландского, составленный неким молодым студентом математики первый рассказ». Судя по всему, за этим печатным письмом следовало ожидать другого («второго») рассказа, чего однакож Ретик не исполнил (уже из-за «первого рассказа» он имел неприятности от Меланхтона и потерял кафедру в Виттенбергском университете). Между прочим, в заглавии этого сочинения (оно было затем приложено ко второму, базельскому изданию книги Коперника, вышедшему в 1566 г.) сам Ретик не назван, и читатель находит его имя лишь на втором листе «первого рассказа». Ретик и епископ Гизе (также бывший близким другом Коперника) составили также ряд записок, в которых защищали престарелого астронома от возможных обвинений в противоречии со священным писанием, но эти записки не были опубликованы.

Сам Коперник признается в посвящении папе Павлу III, что решился обнародовать свое сочинение лишь вследствие убедительных просьб своих друзей — кардинала Шенберга и епископа Гизе. Повидимому, эти два духовных лица создавали, что система Птолемея отжила свой век и что переворот в астрономии неизбежен, что задержать его невозможно. Коперник и его друзья чувствовали, что новое учение должно показаться с первого взгляда крайне парадоксальным, противоречащим здравому смыслу, чрезвычайно смелым. В связи с этим Ретик, как бы оправдывая Коперника, писал: «Кто хочет быть философом, тот должен иметь свободный ум. Но, как всякий разумный человек, а в особенности философ, мой учитель по всему своему настроянию далек от того, чтобы отступать от взглядов древних исследователей только из простого стремления к новизне. Это происходит только из серьезных оснований, лишь потому, что этого требует само дело». При этом Ретик напомнил, что сам Птолемей, систему которого Коперник («вопреки своей воли, но, побуждаемый астрономическими явлениями и математическим рассуждением») опровергает, говорил: «Кто желает истинно служить науке, должен быть прежде всего свободен от предубеждений». Таким образом Ретик, стараясь отвлечь от Коперника обвинение в «непочитании древних авторитетов» и в желании восхвалить свои собственные взгляды, подчеркивал, что учение

Коперника было необходимо и обуславливалось состоянием тогдашней науки о небе.

Чтобы новое учение о мире не показалось совершенно бессмысленным, Коперник указывал, что уже древние греки не остановились на привычном геоцентрическом мировоззрении. Он отметил, что некоторые гениальные мыслители сумели отречься от неправильного истолкования зрительных впечатлений и прийти к сознанию, что земному шару присуще движение и что он не находится в центре вселенной.

Однако, чрезвычайно странно то, что Коперник не назвал настоящий источник своего учения. В своей книге он указывает как раз тех античных астрономов, чьи взгляды меньше всего соответствуют его системе мира, и не упоминает об Аристархе Самосском, учение которого лежит в самой основе этой системы. Удивление наше увеличивается, если мы учтем, что, как показало недавнее исследование рукописей Коперника, в первоначальном тексте своей книги Коперник говорил об Аристархе Самосском, как своем предшественнике, но затем он исключил это упоминание. Приходится поэтому предположить, что чисто тактические соображения побудили Коперника «забыть» об Аристархе. Повидимому, он считал неудобным ссылаться определенно с самого начала на учение, которое еще в древности было встречено, как явно безбожное и к тому же было развенчано неограниченно господствовавшими тогда авторитетами. Но доводы против этого учения он подверг внимательнейшему разбору, показав их полнейшую несостоятельность. Он стремился создать у читателя впечатление, что в числе сторонников этого учения были греческие философы со столь же авторитетными именами, как Аристотель и Птолемей.

Книга Коперника «Об обращении небесных кругов», дающая подробное изложение гелиоцентрического учения, была почти готова уже около 1530 г., но он не торопился выпустить ее в свет. Сначала он даже намеревался издать одни лишь астрономические таблицы, определяющие положение планет на небесном своде, вычисленные на основе его учения. Несмотря на это, в некоторых кругах астрономов, математиков и богословов это учение было известно еще до опубликования сочинения Коперника, так как он сообщал свои идеи не только своим друзьям, но и ряду ученых Кракова и других городов, с которыми состоял в переписке. К тому же около 1530 г. Коперник просто и ясно изложил основные идеи своей системы в кратком очерке под названием «Комментаролюс», который написан был, вероятно, для друзей.

Хотя эта работа не была напечатана, она получила неко-

торое распространение среди специалистов. Астроном Рейнгольд (1511—1553) в 1535 г. в своем предисловии к сочинению Пеурбаха упоминает о Копернике как о великом революционере в области астрономии, подготавливающим издание своего сочинения, в котором все астрономические вопросы объясняются совсем не так, как у Птолемея. «Относительно астрономии,— писал он,— давно желательно иметь другого Птолемея, который обновил бы шаткое учение; должно впрочем надеяться, что из Пруссии¹ появится такой человек, дивным способностям которого будет справедливо удивляться потомство».

В своей книге Коперник не касался чрезвычайно скользких богословских вопросов. Но не подлежит сомнению, что он ясно сознавал важные последствия, вытекающие из его системы мира, по отношению ко всему принятому в его эпоху мировоззрению. Он знал, что в начале лишь немногие в силах будут оценить его идеи и что эти идеи вызовут противодействие церкви, и именно поэтому он так долго оттягивал издание своего готового сочинения. Он даже думал, не выпуская в свет своего труда, передать свое учение, подобно некоторым древним философам, узкому кругу лиц («одним лишь своим родным и друзьям»), которые сохранили бы его и передавали ученикам своим как предание. Лишь в 1542 г. семидесятилетний Коперник решился издать свой труд. Он вышел в свет в мае 1543 г., вскоре после того как опубликованный папский приказ запрещал печатать, читать и продавать неодобренные инквизицией книги. Первый экземпляр этой книги вышел из печати, когда Коперник был уже на смертном одре.

XIV. ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МИРА

Коперник родился в 1473 г. в польском городе Торне. Сын богатого купца, он получил всестороннее образование в лучших университетах (в Кракове, Риме, Падуе и др.). Окончив образование, Коперник вернулся на родину и принял в маленьком городе Фрауэнбурге должность каноника, т. е. духовного чиновника по управлению церковными делами при епископе. Эта должность не только вполне обеспечивала его материально, но и давала много досуга для научных занятий. Но хотя Коперник принадлежал к духовному званию, священником он не был и церковных служб не совершал.

Коперник был искусным врачом, знающим правоведом и опытным инженером. Однако главным своим занятием он

¹ Польский городок Торн—родина Коперника—тогда принадлежал Восточной Пруссии.

считал астрономические исследования и все свободное время посвящал наблюдениям небесных светил и сложнейшим астрономическим вычислениям, стараясь ответить на вопрос: как устроен мир, если общепринятая система мира неправильна? В результате неутомимых изысканий он создал новую систему астрономии, всецело основанную на представлении о движении Земли и нанесшую тяжелый удар религиозному мировоззрению.

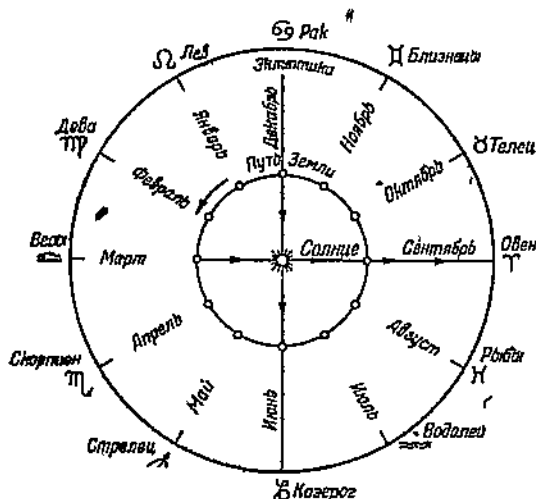


Фиг. 26. Николай Коперник.

Одним из способов опорочить идеи Коперника были насмешки попов и невежд. Некоторые из них острили, что этот астроном, вероятно, много пьет; ибо только у очень пьяных людей Земля вертится под ногами. Дело даже дошло до того, что некий драматург сочинил увеселительную комедию о Копернике; в 1531 г. в Эльбинге, недалеко от Фрауэнбурга, она была разыграна почти на глазах Коперника, причем в ней учение о движении Земли и автор этого учения были представлены в «шутовском виде».

Но Коперник не обращал на все это никакого внимания; он спокойно и невозмутимо продолжал разрабатывать свое учение и до последних дней своей жизни стойко удерживал свою позицию. Он, несомненно, является одним из тех великих мужей науки, которые шли «против течения», вели борьбу против устаревшей науки и закладывали основы

для новой науки. Коперник был одним из первых творцов передовой науки, — «той науки, люди которой, понимая силу и значение установившихся в науке традиций и умело используя их в интересах науки, все же не хотят быть рабами этих традиций, которая имеет смелость, решимость ломать старые традиции, нормы, установки, когда они становятся устарелыми, когда они превращаются в тормоз для движения вперед, и которая умеет создавать новые традиции, новые нормы, новые установки» (Сталин).



Фиг. 27. Объяснение видимого годового движения Солнца среди зодиакальных звезд по Копернику. Для находящегося на Земле наблюдателя Солнце кажется движущимся в той же плоскости и в том же направлении, что и Земля. Поэтому когда Солнце вступает, например, в созвездие Рака, то это значит, что Земля заняла относительно Солнца такое положение, что с Земли оно кажется находящимся среди звезд созвездия Рака.

Сущность гелиоцентрической системы мира, произведшей полный переворот в астрономических представлениях, заключается в допущении двух родов движения Земли.

Первое движение совершается в течение суток, — это вращение Земли вокруг оси, проходящей через полюсы мира. Этим вращением объясняется суточное движение звезд. Суточный оборот сферы неподвижных звезд и все с ней связанные явления — восход и заход Солнца, Луны и звезд — перестают быть истинными, являясь лишь иллюзией, следствием вращения Земли с запада на восток.

Что же касается второго движения Земли, то оно совершается в течение года: это — обращение земного шара вокруг Солнца. Этим движением объясняется, подобно суточному вращению звездного неба, годичное кажущееся движение Солнца среди звезд, так что эклиптика является как бы отражением земной орбиты.

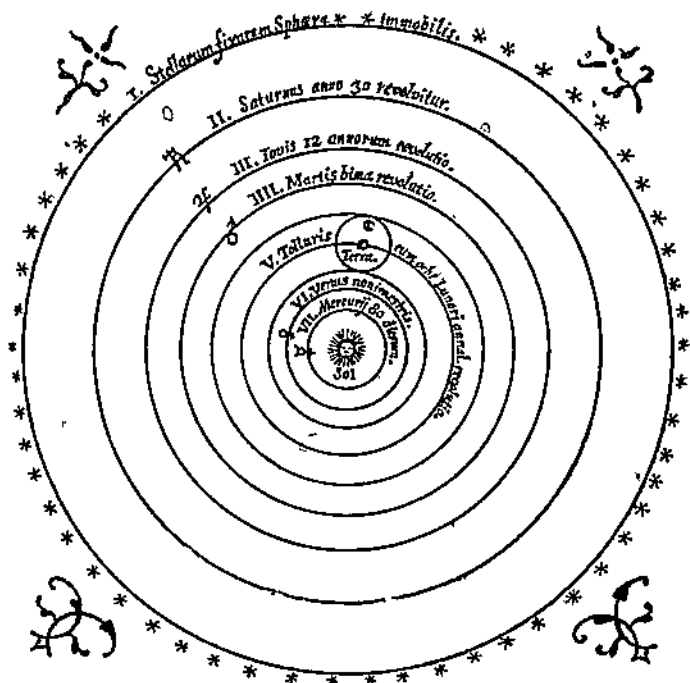
Таким образом, все то, что нам представляется движением на небе, оказывается лишь иллюзией, происходит вследствие вращения Земли вокруг своей оси и обращения вокруг Солнца. Вместе с тем Коперник заявил, что центром вселенной является Солнце и что все планеты, подобно Земле, обращаются вокруг этого центрального светила. Земля лишилась своего «почетного места» во вселенной: из главного тела мироздания она превратилась в одну из рядовых планет, движущихся вокруг дневного светила.

Свое учение о мире Коперник выразил в следующих семи положениях: 1) имеется лишь один и тот же центр для всех небесных тел и их орбит; 2) центр Земли не есть центр вселенной, а только центр тяжести земных вещей и лунной орбиты; 3) все планеты движутся вокруг Солнца, которое стоит в центре их путей; оно, таким образом, является центром всего мира; 4) расстояние от Земли до Солнца ничтожно мало по сравнению с расстоянием до неба неподвижных звезд; 5) видимое ежедневное движение небесного свода есть в действительности не что иное, как следствие вращения Земли вокруг ее оси; это движение совершается в течение суток, при этом оба полюса Земли всегда сохраняют одно положение; 6) видимое собственное движение Солнца зависит не от этого светила, но от Земли, которая обращается вокруг Солнца подобно другим планетам; 7) обратное движение и стояние планет также есть лишь следствие этого движения Земли; вполне достаточно, следовательно, одного только движения Земли, чтобы объяснить все различные видимые движения на небе.

Выдвинув эти положения, Коперник подчеркивал: «Для того, чтобы не подумали, что я выставляю одни лишь утверждения, пусть сравнят мое объяснение с явлениями; тогда увидят, что оно столь же хорошо согласуется с ними, как и прежние теории, перед которыми оно имеет даже преимущество».

В чем же Коперник видел основное преимущество своего астрономического учения? Главным образом в том, что оно гораздо проще и понятнее всех прежних теорий объясняет движение планет, а выводы из него лучше согласуются с наблюдениями. Поэтому он писал: «На размышление о другом способе вычисления движений небесных тел меня навело исключительно разногласие математиков по этому вопросу. Прежде всего, у них настолько плохо определены

движения Солнца и Луны, что они не могут даже определить величины полного года. Затем, при установке движений как Солнца и Луны, так и пяти планет, они не применяют ни одних и тех же законов, ни одних и тех же предположений, ни одинаковых доказательств. Действительно, некоторые ученые употребляют концентрические круги, другие же — эксцентрические и эпициклические, но при всем



Фиг. 28. Гелиоцентрическая система мира. Чертеж из книги Коперника.

этом они не могут доказать того, к чему стремятся. Те, которые придерживаются кругов, хотя и могут доказать происхождение разнообразных движений из совокупности таких кругов, но выводы их не согласны с наблюдениями. Изобретатели эксцентриков, хотя они могут на основании эксцентрических кругов вычислять большую часть видимых движений, но принуждены бывают допускать многое такое, что кажется противным первоначальным правилам равномерного движения. А главное — именно формы вселенной и известную симметрию ее частей — они не в состоянии вывести на основании этой теории. С ними бывает то же самое, как если бы кто взял из разных картин руки, ноги, голову и

другие части, даже прекрасно нарисованные, но без необходимой пропорциональности, и сложил бы все это в один рисунок: получилось бы конечно нечто более похожее на уродо, чем на человека». Таким образом, Коперник имел полное право подчеркивать, что при гелиоцентрическом устройстве вселенной сохраняется всюду «порядок» и «гармония» мироздания и что «это одно уже имеет, как говорят, немаловажное значение».

К ниспровержению геоцентрической системы мира и к установлению новых исходных позиций в науке о небе Коперника привели не только астрономические, но и физические соображения. Последние заключались главным образом в том, что «неестественно» приписывать движение всему небесному своду, а покой — одной лишь Земле. При этом Коперник указывал на невероятность той быстроты, с которой старая система мира заставляла отдаленнейшие планеты и «неподвижные» звезды описывать свои круги в течение суток вокруг такого небольшого тела, как Земля. Он подчеркивал, что размеры вселенной громадны по сравнению не только с Землей, но даже и со всей солнечной системой. Он считал, что расстояние, отделяющее нашу планетную систему от мира неподвижных звезд, бесконечно превышает размеры всей этой системы.

Правда, он не отказывался еще от старого представления о вселенной, как о некоторой громадной сфере, и поэтому первая глава его сочинения называется «О том, что вселенная — сферической формы». Но важно то, что из представления о ничтожности размеров земного шара по сравнению с размерами небесного свода, Коперник сделал заключение, что необходимо считать вращающейся Землю, а не весь небесный свод. Он писал: «Считают, что Земля помещается в центре вселенной и находят противоположное мнение смешным, а между тем, откуда же нам известно, что Земля неподвижна и вращается небесный свод? Принимая во внимание огромную отдаленность небесных тел, трудно себе представить, чтобы они могли описать такой необъятный круг в течение всего 24-х часов. И затем: почему именно бесконечная вселенная должна вращаться вокруг ничтожно малой Земли?»...

Коперник писал: «Если справедливо, что небесная сфера бесконечна, то как понимать, что она обращается в 24 часа? Не естественнее ли предполагать, что движение это принадлежит Земле и только ей одной? Иначе, если бы она вращалась вместе с небесной сферой, но несколько медленнее, чем последняя (по причине меньшего объема Земли), то мы не замечали бы ни малейшего изменения в положении светил на небесном своде; Солнце и звезды относительно наблюдателя казались бы постоянно на одном и том же углу».

вом расстоянии от меридиана. Поэтому естественно предполагать, что Земля обращается вокруг своей оси, а что небесная сфера неподвижна».

Поставив в центре вселенной Солнце, Коперник показал,— и это особенно важно,— что большая часть движений небесных тел принадлежит к числу лишь кажущихся движений, что они являются отражением действительного движения Земли вокруг своей оси и ее обращения вокруг Солнца.

Как мы видели, господствовавшая до Коперника система мира исходила из того, что движение неба совершенно очевидно. Коперник прежде всего считал необходимым разрушить это «очевидное» заключение. Он писал: «Почти все писатели согласны между собой в том, что Земля неподвижна; противное мнение им кажется даже смешным. Но если всмотреться внимательнее, то оказывается, что вопрос этот вовсе нельзя считать решенным, и им отнюдь не следует пренебрегать. Всякая замечаемая нами перемена положения предмета происходит или вследствие его движения, или же движения наблюдателя, или же вследствие относительного их движения; если движения обоих равны, то перемещение бывает незаметно. Мы наблюдаем небо над Землей: если последняя имеет движение, то небо кажется нам движущимся в обратную сторону. Весь небесный свод имеет движение с востока на запад; если вообразим небесный свод в покое, а дадим Земле движение обратное, т. е. с запада на восток, то получим одни и те же явления».

Из этих слов мы видим, что при объяснении движения небесных тел Коперник вступил на новый путь, введя понятие об относительности движения. Действительно, для объяснения суточного движения небесных тел, происходящего как бы от вращения небесной сферы, можно предполагать, что эта сфера равномерно вращается вокруг своей оси, наклоненной к плоскости горизонта, и делает полный оборот в сутки, или же, наоборот, Земля ежедневно поворачивается в противоположную сторону — от запада к востоку вокруг своей оси, имеющей то же направление, что ось сферы; в обоих этих случаях видимые явления представляются одинаковыми! В связи с этим Коперник повторил старое соображение, что при удалении корабля из гавани находящиеся на нем люди тоже не чувствуют собственного движения и могут подумать, что берег и город удаляются от корабля, стоящего на месте. «То же самое,— писал он,— бывает с нами: небо кажется нам вращающимся потому, что в действительности вращается Земля».

Коперник не был релятивистом в крайнем смысле этого слова, т. е., он не дошел до провозглашения абстрактно-теоретической равноправности противоположных представле-

ний — о покое и движении Земли. Держась «чувства реального», он доискивался такой теории, которая была бы физически наиболее правдоподобной, т. е. давала бы правильную картину мира. Вот почему он говорил: «Так как небо является все в себе содержащим, а Земля лишь частью содержащего, то не видно причины, почему не приписать лучше движение тому, что содержится, а не тому, что держит».

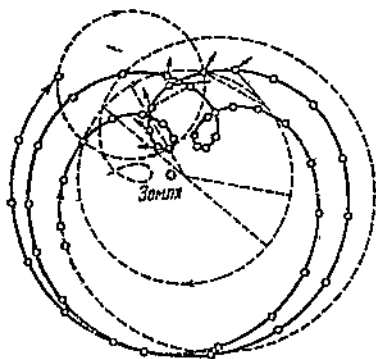
Самым важным в учении Коперника является допущение, что годовое движение Земли объясняет не только кажущееся движение Солнца среди звезд, но и кажущееся петлеобразное движение планет, т. е. то, что в системе Птолемея приписано главным эпициклам. Оказалось, что в системе деферентов и главных эпициклов одни из этих кругов являются отражением действительного движения планеты вокруг Солнца, а другие — отражением орбитального движения Земли. В связи с этим Коперник вскрыл и объяснил ускользнувшее от внимания древних астрономов обстоятельство, что существует замечательное соответствие между эпициклическим движением планет и кажущимся годовым движением Солнца. Он показал, что это соответствие вызвано тем, что центр планетных движений — Солнце, а не Земля, причем годовое движение Солнца и движение планет по главным эпициклам — не действительные, а кажущиеся, обусловленные годовым движением Земли вокруг Солнца.

Как мы уже знаем, планеты Меркурий и Венера кажутся качающимися наподобие маятника около Солнца, и обращение их вокруг него ясно до очевидности. Благодаря этой замечательной особенности «нижних» планет Птолемей мог бы деференты Меркурия и Венеры слить с орбитой Солнца и считать эти две планеты обращающимися вокруг Солнца и с ним вместе вокруг Земли (чего, однако, Птолемей не сделал). В системе Коперника движения этих планет вокруг Солнца сохранились, но зато движение Солнца вокруг Земли заменено движением Земли вокруг Солнца. Таким образом одно из круговых движений, из которых в системе Птолемея составлялось видимое перемещение «нижней» планеты, а именно движение по эпициклу, ведущее к образованию «петель», является ее истинным движением вокруг Солнца; другое же движение по деференту, держащее планету вблизи Солнца, есть только кажущееся явление, так как оно происходит вследствие годового движения Земли.

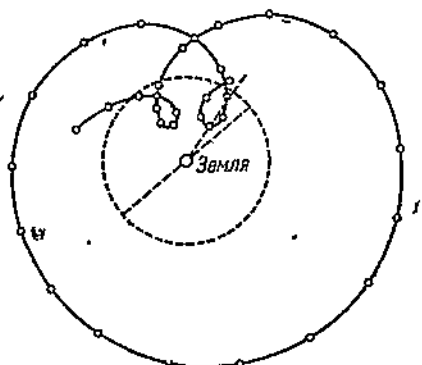
Мы обратили внимание на то, что главные эпициклы «верхних» планет (Марса, Юпитера и Сатурна) в птолемеевой системе описываются планетой в течение года и радиусы их, направленные к планете, параллельны направлению с Земли на Солнце. Коперник показал, что это заста-

вляет думать, что эти эпициклы верхних планет, придуманные для объяснения «петель», на самом деле представляют кажущиеся движения, отвечающие движению Земли вокруг Солнца, а деференты их, вызывающие прямое движение, зависят от их собственного движения по орбите вокруг Солнца.

Таким образом Коперник уничтожил главные эпициклы, с помощью которых пытались объяснить



Фиг. 29. Видимый путь Марса относительно Земли, вычерченный с помощью птолемеевых эпициклов и деферентов. Малый пунктирный круг — главный эпицикл, большой — деферент.



Фиг. 30. Действительное движение Марса относительно Земли в предположении неподвижности Земли. Сравнение этой кривой с той, которая видна на фиг. 29, показывает, насколько хорошо птолемеевская система представляла наблюдаемое нами движение планет. Различие этих кривых заключается, главным образом, в том, что в кривой, соответствующей действительным отношениям, вторая петля меньше первой, тогда как по Птолемею все петли необходимо должны быть одинаковой величины.

запутанное движение планет, и его система оказалась значительно проще птолемеевой. На этом основании он свою систему считал гораздо более естественной, а потому и истинной.

Коперник отметил, что еще Марциан Капелла (как мы уже знаем, вслед за Гераклидом Понтийским) допускал, что планеты Меркурий и Венера обращаются не вокруг Земли, а вокруг Солнца, как вокруг своего центра. «Если воспользоваться этим,— писал Коперник,— и принять для Сатурна, Юпитера и Марса тот же центр, обратив при этом внимание на большее протяжение их орбит, окружающих не только орбиту Меркурия и Венеры, но и путь Земли,— то этим можно объяснить правильность их движений. Дей-

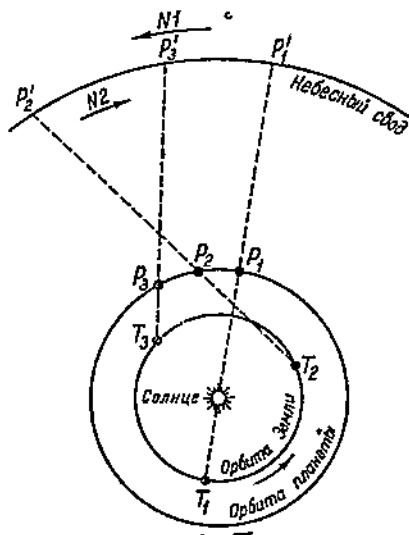
ствительно, известно, что Сатурн, Юпитер и Марс всегда ближе всего к Земле в то время, когда они восходят вечером, т. е. когда вступают в оппозицию (противостояние) с Солнцем, иначе говоря, когда Земля стоит между ними и Солнцем. Дальше же всего они находятся от Земли, когда они заходят вечером, т. е. когда между ними и Землей стоит Солнце. Это служит доказательством того, что центр их обращения — Солнце, служащее центром и для орбит Венеры и Меркурия. И так как все названные планеты имеют один центр, то необходимо, чтобы в пространстве, которое остается между Венерой и Марсом свободным, помещалась орбита Земли, сопровождаемая спутником Луною и всем подлунным миром. Действительно, Луна, стоящая бесспорно ближе всего к Земле, никак не может быть отдалена от нее уже даже по одному тому, что в этом пространстве для нее достаточно места. Поэтому мы не боимся утверждать, что все то, что охватывает собой сфера обращения Луны, вместе с центром этой сферы — Землею, описывает между планетами вокруг Солнца в течение года тот большой круг, в центре которого помещается центр вселенной, т. е. неподвижно покоящееся Солнце. И все, что прежде объясняли движением Солнца, можно объяснить движением Земли».

По Копернику, все планеты движутся вокруг Солнца по концентрическим кругам, причем порядок расположения известных ему планет от Солнца таков: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер и Сатурн. «В этом расположении светил,— подчеркивал он,— мы находим такую гармоническую связь, какой нигде более найти нельзя». Действительно, при помощи своей системы мира Коперник с замечательной простотой объяснил «второе неравенство», т. е. замысловатые, запутанные пути планет, доставившие столько труда древним астрономам. Оказалось, что различие между видимым движением так называемых нижних планет (Меркурия и Венеры) и верхних планет (Марса, Юпитера и Сатурна) вызвано тем, что нижние планеты являются внутренними планетами, а верхние — внешними, т. е. орбиты первых расположены внутри земной орбиты (ближе к Солнцу, чем Земля), а орбиты вторых — вне земной орбиты (дальше от Солнца, чем Земля). Своеобразные остановки, петли и обратные направления в движениях планет есть кажущееся явление, порожденное не нагромождением эпициклов, а обращением Земли и планет вокруг Солнца. Все эти особенности объясняются тем, что земной наблюдатель рассматривает движение планет не из центра, вокруг которого планеты движутся, т. е. не такими, какими они в действительности происходят, а с движущейся в свою очередь Земли, т. е. из разных точек пространства. Выходит, таким обра-

зом, что все «странности» в путях планет перестали бы существовать для наблюдателя, оказавшегося на Солнце, в центре планетных орбит: для него все планеты обращались бы постоянно в одном и том же направлении. Поэтому Луна, у которой не обнаружено никаких петель, остановок и т. д., должна обращаться вокруг Земли в качестве ее спутника или планеты второго порядка.

Расстояния планет от Солнца и скорости их движения по орбите различны. Поэтому планеты описывают свои орбиты в различные промежутки времени. Чем дальше планета от Солнца, тем больше времени она тратит на полный оборот вокруг Солнца. От совокупности движений Земли и планет вокруг Солнца происходят кажущиеся нам весьма неравномерными и извилистыми планетные движения, хотя на самом деле движение планет довольно несложно. Поэтому становится понятным, почему теория Птолемея до известной степени удовлетворительно представляла видимое движение планет: это движение кажется состоящим из двух круговых движений, причем первое из них — результат движения планет вокруг Солнца, а второе — результат орбитального движения Земли, с которой мы наблюдаем планеты.

Планеты Марс, Юпитер и Сатурн, находящиеся за пределами земной орбиты, кажутся нам движущимися в обратном направлении, т. е. с востока на запад, когда Земля и одна из этих планет находятся по одну сторону Солнца,



Фиг. 31. Объяснение сложного видимого движения «верхней» (внешней) планеты по Копернику: Когда Земля занимает положение T_1 , а планета занимает положение P_1 , то планета должна казаться на небосводе в точке P'_1 . Планета движется медленнее Земли; когда Земля переместится из положения T_1 в T_2 , планета передвинется из точки P_1 в P_2 и мы ее увидим в направлении $T_2 P_2$ в точке небосвода P'_2 , т. е. планета передвинется между звездами справа налево, по направлению стрелки № 1. Когда Земля занимает положение T_3 , то планету мы увидим по направлению $T_3 P_3$ в точке небосвода P'_3 , так что планета в точке небосвода P'_2 как бы остановилась, а затем пошла вспять, слева направо, по стрелке № 2. Таким образом стояние и обратное движение планеты — кажущиеся явления, происходящие вследствие движения Земли по орбите.

так как в этом случае Земля при своем движении вокруг Солнца обгоняет эту планету (которая вообще перемещается по своей орбите медленнее Земли). Аналогичное явление мы замечаем, когда обгоняем на пассажирском поезде товарный, идущий в том же направлении, но гораздо медленней. Движение Меркурия и Венеры, находящихся в пределах земной орбиты, кажется нам обратным, когда планета находится между Землей и Солнцем, потому что она движется по орбите быстрее Земли. Словом, в виду того, что перемещение всякой планеты наблюдается нами с движущейся Земли, а не из центра ее орбиты — Солнца, то линия зрения (прямые, проведенные между Землей и планетой) либо движется по направлению с запада на восток, т. е. прямо, либо по противоположному направлению, т. е. обратно, либо же делается касательной к планетной орбите, т. е. неподвижна.¹ Движение планеты бывает прямым, когда эти линии зрения пересекаются между Землей и планетой; обратное движение происходит тогда, когда эти линии пересекаются вне планетной орбиты для внешних орбит и вне земной — для внутренних, и планета кажется остановившейся, когда эти линии параллельны.

Так же просто и наглядно, без всяких эпициклов, Коперник впервые объяснил образование «узлов» в видимом движении планет. Оказалось, что это основное «неравенство» в движении планет стоит в связи с величиной радиусов их орбит, причем каждый из узлов есть не что иное, как отражение в пути планеты орбиты Земли, с которой мы ее наблюдаем. Если, например, планета Юпитер обращается вокруг Солнца почти в 12 лет, описывает на своем пути 11 «петель», то это происходит потому, что каждая петля в пути планеты соответствует одному обороту Земли вокруг Солнца. Величина же петля зависит от отношения расстояний от планеты до Солнца и от Земли до Солнца. Чем дальше планеты отстоят от Земли, тем меньше петля, а чем ближе она к Земле, тем они больше.

Отсюда Коперник вывел, — и это одна из самых замечательных его идей, — что по величине петли можно вычислить сравнительное расстояние планеты от Солнца, прини-

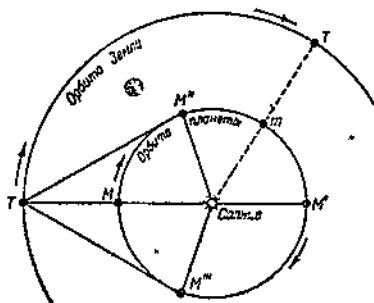
¹ Чтобы представить себе движение планет, можно взять часы и вообразить, что центр циферблата — Солнце, конец быстро движущейся минутной стрелки — ближайшая к Солнцу планета, а конец медленно движущейся часовой стрелки — планета более далекая (если мы мысленно увеличим соответственно длину этой стрелки). Представим себе, что наблюдатель с кончика часовой стрелки смотрит на кончик минутной, — тогда он увидит как бы движение внутренней нижней планеты. Если же смотреть с кончика минутной стрелки на кончик часовой, то движение будет подобным движению внешней (верхней) планеты.

мая расстояние Земли от Солнца, т. е. радиус земной орбиты, за единицу. Ведь та часть планетной орбиты, которая с Земли кажется петлей, для наблюдателя, находящегося на Солнце, представляется дугой, частью круга, ибо все видимые явления в движениях планет обуславливаются движением планет и Земли вокруг Солнца. Если Птолемей объяснил эти петли с помощью большого или главного эпицикла, центр которого скользит по окружности деферента, то по Копернику этот эпицикл является как бы отражением земной орбиты, между тем как роль деферента в этом случае играет действительная орбита планеты. Поэтому Коперник пришел к заключению, что отношение радиуса деферента к радиусу эпицикла равно отношению расстояний от планеты до Солнца и от земли до Солнца.

Построив отношения радиусов эпициклов и деферентов, найденных Птолемеем, Коперник впервые получил сравнительные расстояния планет от Солнца, выраженные в радиусах земной орбиты.

Что же касается среднего расстояния Земли от Солнца, то Коперник на основании вычислений, произведенных по методу, ведущему начало от Аристарха, принял его равным 1197 земным радиусам, тогда как на самом деле оно почти в 20 раз больше. Но если Коперник и не знал настоящих размеров солнечной системы, то относительные расстояния планет он знал уже довольно точно, и это было весьма важным достижением астрономии.

В системе Птолемея порядок распределения планет при их воображаемом движении вокруг Земли не мог быть установлен из наблюдений и был намечен без достаточных оснований, т. е. расстояния планет оставались совершенно неопределенными (было известно лишь расстояние от Земли до Луны). Наоборот, система Коперника представляет собой строго организованное целое, и именно поэтому она сразу выяснила план солнечной системы, определив из наблюдений все расстояния, и тем внесла порядок во все построе-



Фиг. 32. Объяснение видимого движения „нижней“ (внутренней) планеты по Копернику. Планета движется быстрее Земли Т и движение ее прямее от M'' до M''' , обратное от M''' до M'' и переходит в стояние у M'' и M''' . Она кажется качающейся около Солнца, причем радиус ее орбиты определяет размах этого качания и другие особенности ее видимого движения.

ние. Конечно, Коперник не мог не сознавать вполне ясно это преимущество своей системы мира и в этом обстоятельстве видел одно из главнейших доказательств правильности этой системы.

XV. ОСОБЕННОСТИ КОПЕРНИКОВОЙ СИСТЕМЫ

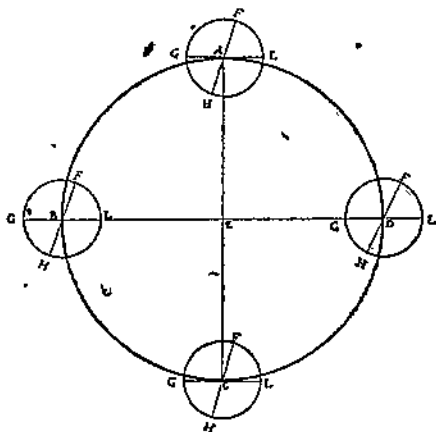
Несмотря на все свои значительные преимущества, гелиоцентрическая система Коперника в том виде, как она выразилась в его сочинении, заключала в себе значительные астрономические погрешности. Эти недостатки вызваны были тем, что Коперник не порвал окончательно с аристотелевой физикой, т. е. не критически воспринял целый ряд старых представлений. Но в этом следует обвинять не его самого, а его время, так как тогда физика, механика и другие дисциплины не ушли далеко вперед по сравнению с античной наукой.

Одним из важнейших недостатков системы Коперника было признание не двух родов движения Земли (около оси и около Солнца), а трех, причем третье он называл «движением по склонению». Он считал, что оно совершается в обратном направлении относительно порядка зодиакальных созвездий, т. е. от востока к западу, и служит для объяснения смены времен года, для приведения во всякий момент, оси Земли в положение, параллельное тому, какое эта ось занимала прежде. Вот почему Коперник считал нужным придумать это последнее движение.

Коперник впервые показал, что смена времен года может быть объяснена лишь при условии, когда земная ось при движении вокруг Солнца постоянно остается параллельной себе. Но он не знал механического закона инерции, открытого почти через столетие Галилеем, и поэтому он, подобно другим ученым своего времени, находился под влиянием аристотелевого учения об естественных и насильственных движениях. Согласно этому учению, какое-нибудь тело может обращаться вокруг другого тела только тогда, когда оно поддерживается каким-нибудь твердым телом, например, хрустальной сферой, в поверхность которой оно вставлено. В таком случае к центру вращения будет обращена постоянно одна и та же сторона тела при всех положениях, какие будут принимать соответствующие точки сферы во время ее вращательного движения. Выходит, таким образом, что Земля должна находиться по отношению к Солнцу в таком же положении, как Луна по отношению к Земле, т. е. она должна иметь постоянно одни и те же части обращенными к дневному светилу. Но так как этого нет, то Коперник предположил, что сверх вращения вокруг своей оси и обращения вокруг Солнца наша Земля наделе-

на третьим движением, благодаря которому она принимает такие постепенные положения, что ось остается постоянно параллельною самой себе.

Таким образом Коперник не знал еще, что два движения Земли (вокруг оси и вокруг Солнца) совершенно не зависят одно от другого. Эта независимость вытекает из замечательных опытов Галилея над инерцией тел. В то время как Земля движется вокруг Солнца, ось земная не меняет своего направления и остается параллельной своему прежнему положению в пространстве. Преемники Коперника довольно скоро заметили эту его ошибку и отбросили третье движение Земли, вследствие чего гелиоцентрическая система мира приняла более простой, более естественный вид.



Фиг. 33. Коперниково объяснение времени года. Рисунок из его книги, показывающий, что ось вращения Земли FN остается во время обращения вокруг Солнца «параллельной самой себе» и сохраняет с плоскостью земной орбиты постоянный наклон. А, В, С, D—центры Земли в начале четырех времен года, т. е. около 23 декабря, 21 марта, 22 июня и 22 сентября.

Трудно было устранить другую астрономическую погрешность системы Коперника, касавшуюся характера движения небесных тел. Дело в том, что, заменяя своею гелиоцентрическою системою мира геоцентрическую систему, Коперник все-таки не только не изгнал еще идеи об эпициклах, лежащей в основе птолемеевой системы, но и сам пытался при помощи эпициклов объяснить наблюдаемые неравномерности в скорости движения планет. Он целиком сохранил положение о равномерном круговом движении планет, которое для него, как и для других астрономов того времени, имело еще силу неопровержимой истины.

Как мы видели, Коперник решительно отказался от эпициклов, когда дело шло о разъяснении «второго неравенства», т. е. главных, наиболее загадочных особенностей планетных движений — обратных направлений, стояний и узлов. Однако сделанное Коперником допущение, что Земля движется вокруг Солнца, не дало возможности объяснить «первое неравенство» — неравномерность скорости движения планет. Он не знал, что это неравенство вызвано тем,

что планеты (в том числе и Земля) обращаются вокруг Солнца не по кругам, а по эллипсам, и следовательно представляет собой свойство планетных движений. Он думал, что это только кажущееся явление, порожденное круговым движением светил, и поэтому в его планетную систему вторглась некоторая сложность и запутанность.

Допуская, подобно древним астрономам, что движение планет вокруг Солнца является равномерно-круговым, Коперник должен был давать каждой планетной орбите особый центр. Выходило, что планеты движутся по эксцентрическим орбитам, т. е. Солнце находится не в геометрическом (общем) центре планетных орбит, а «сбоку», в известном расстоянии от этого центра (эксцентриситет земной орбиты Коперник нашел равным $1/30$). Однако это допущение оказалось недостаточным для объяснения «первого неравенства», и поэтому Коперник должен был прибегнуть к помощи теории эпициклов, т. е. рассматривать видимое неравномерное движение каждой планеты вокруг Солнца как результат сложения некоторых равномерных движений. Птолемея система требовала больших эпициклов для объяснения основных движений («второго неравенства») планет, в соответствии с движением Земли вокруг Солнца, и эти-то главные эпициклы Коперник отбросил. Но для истолкования неравномерной скорости планетных движений («первого неравенства»), в соответствии с эллиптичностью орбит, он оставил меньшие эпициклы.

Всего Коперник сохранил в своей системе 34 эпицикла, вместо свыше 80 эпициклов в одном из последних вариантов птолемеевой системы, и в этом сокращении числа кругов он видел большое преимущество своей системы. «Достаточно всего 34 кругов, чтобы объяснить все строение мира, весь сложный танец светил», — с удовлетворением подчеркивал он в своей предварительной рукописной работе. Из этих 34 кругов четыре потребовалось ему для Луны, три для Солнца, семь для Меркурия (движение которого особенно неправильно) и по пяти для каждой из остальных планет. Таким образом, хотя система Коперника низвергла геоцентризм Птолемея, ее нельзя противопоставить птолемеевой системе эпициклов: она являлась не только гелиоцентрической, но и эпициклической, ибо допускала равномерно-круговое движение.

Поэтому при вычислении эфемерид, т. е. положения планет для отдельных моментов, система Коперника не имела тогда существенных преимуществ перед системой Птолемея. Оба вычислительных метода почти совпадали. По старой системе мира сперва определяли положение планеты на эпицикле, затем положение центра эпицикла на окружности деферента и, наконец, из этих двух величин выводилось

положение планеты на небесной сфере. По новой же системе сперва устанавливалось положение Земли и положение планеты на их орбитах, а затем путем соединения этих двух положений получалось геоцентрическое, т. е. видимое с Земли положение планеты на небосводе.

Это совпадение вычислительных методов, вытекавшее из принципа равномерно-кругового движения небесных тел, было одной из важнейших причин неуспеха системы Коперника у профессиональных астрономов, для которых решающим было практическое значение теорий. Тихо Браге (1546—1601) при точности своих наблюдений легко заметил, что круговые пути не соответствуют истинному положению вещей, но был не в силах разрешить этот вопрос. Как мы далее увидим, только Кеплер после долгих и утомительных попыток нашел, что планетные орбиты имеют форму эллипсов, весьма близких друг к другу, и таким образом освободил систему Коперника от его крупнейшего недочета.

Однако вначале ученых смущали не столько астрономические недочеты системы Коперника, сколько ее «кажущаяся» физическая несостоятельность, т. е. ее резкое противоречие основам аристотелевского учения о движении, которое учеными того времени признавалось неоспоримым.

Например, как мы знаем, Аристотель учил, что за исключением равномерного кругового движения светил и отвесных движений вверх и вниз тяжелых и легких земных тел, все прочие движения насильственны и должны прекращаться сами собой; и далее, что круговое движение, как совершеннейшее, присуще одним только небесным телам. Коперник, находившийся всецело под влиянием господствовавшей тогда аристотелевой физики, признает все это. Но несмотря на это, он решительно отвергал различие между небесными телами и Землей, считая, что круговое движение, свойственное всем небесным телам, должно быть присуще и Земле. Он смело отбросил освященное церковью аристотелевское представление о разделении мира на две совершенно различные части — «небо» и «Землю». Тем самым он подорвал старое учение о материи и движении и сделал большой шаг к созданию современной физики и механики.

Аристотелевское представление о тяжести считалось неопровержимым доказательством того, что Земля является центром вселенной. Согласно этому представлению тяжесть является стремлением к центру мира, а так как наблюдать силу тяжести можно было только на Земле, то отсюда вытекало, что центр Земли есть центр мира. Коперник смело отбросил это укоренившееся воззрение на тяжесть, смутно угадывая закон всемирного тяготения. Он высказал весьма революционный для того времени взгляд, что тяжесть представляет собой не стремление к центру мира, а стремление

частей одних к другим в каждом небесном теле отдельно. По его мнению, тяжесть есть свойство всех веществ, где бы они не находились, так что центр мира здесь не играет никакой роли, — здесь важно лишь относительное расположение частей того или иного вещества. «Мне кажется, — писал Коперник, — что тяжесть есть не что иное, как такое естественное стремление всех малейших частиц, вследствие которого они сливаются в единое целое, принимая шаровидную форму. Это стремление к соединению присуще, быть может, и Солнцу, и Луне, и другим небесным светилам и составляет вероятную причину их шаровидности».

Правда, объясняя этим стремлением сплоченность Земли и других мировых тел, Коперник не упоминал о существовании подобного же стремления между различными небесными светилами. Он не призывал на помощь никакой «силы» для объяснения движения планет вокруг Солнца и Луны вокруг Земли, а следуя за Аристотелем, называл эти движения «естественными». Но не подлежит сомнению, что Коперник признавал какое-то влияние или действие Солнца на обращающиеся вокруг него планеты. Это видно хотя бы из следующего его замечания: «Таким образом Солнце, как бы восседая на престоле царском, управляет вращающимся вокруг него семейством светил».

Чрезвычайно важно то, что доводы Коперника устранили одну из важнейших «физических» основ аристотелево-птолемеевой системы — геоцентризм. Из доводов Коперника вытекало, что только земные однородные тела стремятся к центру Земли; согласно же прежних воззрений, к центру Земли стремятся все тела вообще. Все это оказало огромное влияние на творца современной механики Галилея и послужило исходным пунктом в его борьбе с аристотелизмом.

Вследствие низкого развития инструментальной техники, во времена Коперника было очень мало таких фактов, которые могли быть использованы для непосредственного доказательства правильности гелиоцентрической системы мира. Поэтому он поневоле должен был аргументировать логическими доводами, ограничиться чисто принципиальными соображениями. Из этих соображений видно, что Коперник глубоко чувствовал свою правду, был непоколебимо убежден в истинности своей системы, заложившей основы нового мировоззрения. Коперник не оставил без разбора все имевшиеся доводы против движения Земли, доказывая их полнейшую несостоятельность.

Аристотель говорил, что если бы Земля двигалась вокруг какого-нибудь тела, то это должно было бы сказаться в параллаксе неподвижных звезд, — кажущемся изменении их положения на небосводе. Именно, в течение года звезды

должны были бы казаться смещенными, сдвинутыми со своих мест, вследствие того, что земной наблюдатель смотрел бы на них из различных точек земной орбиты. Так как наблюдения не подтверждали существования такого видимого перемещения звезд, то в этом обстоятельстве Аристотель, Птолемей и другие астрономы видели несомненное доказательство неправильности представления о годовом движении Земли. Но Коперник был настолько убежден в правильности своей системы мира, что в отсутствии заметного параллакса звезд увидел не отрицание движения Земли в мировом пространстве, а подтверждение взгляда о чрезвычайно больших размерах вселенной. Он совершенно правильно отметил, что отдаленность неподвижных звезд так велика, что в сравнении с ней даже земная орбита представляется совершенно ничтожной, и что именно поэтому звезды не имеют заметных параллаксов.

Особенно подробно разбирая Коперник возражения, высказанные Птолемеем против движения Земли и основывавшиеся на началах аристотелевой физики, — на воззрении, что тело, представленное самому себе, стремится к состоянию покоя. Птолемей считал, что в случае вращения Земли с запада на восток облака и прочие носящиеся над Землей предметы отставали бы от вращающейся земной поверхности, т. е. двигались бы в обратную сторону, с востока на запад. Но Коперник указал, что это возражение совершенно неосновательно, ибо все тела участвуют в суточном движении Земли: они следуют за Землей в ее вращении и поэтому не могут оставаться позади Земли при ее движении. Что же касается утверждения Птолемея, что в случае вращения Земли вокруг ее оси всякое тело, брошенное вверх, не упало бы на прежнее место, то Коперник отверг его указанием на составной характер движения падающего тела. Именно, свободно падающие тела вследствие своей тяжести направляются к центру земного шара по перпендикуляру, но в то же время участвуют в круговом движении вместе с этим шаром, так как являются его частью.

Весьма веским казалось указание Птолемея, что если бы Земля вращалась, то она должна была бы разлетаться на куски вследствие огромной скорости своего вращения. Коперник старался отвести это возражение при помощи общепринятого тогда аристотелевского учения об естественных и насильственных движениях. Он подчеркивал, что Земля могла бы подвергнуться такой катастрофе лишь в том случае, если бы ее вращение было бы не натуральное, а вынужденное, вызванное внешними причинами, но ничто не мешает считать вращение Земли движением натуральным.

Коперник писал: «Если допустим движение Земли около

оси, то должны также допустить, что движение это не есть насильственное, а натуральное. Все принужденное, насильственное, вызванное посторонними причинами, может разрываться, разложиться; все же естественное сохраняет неизменно первоначальный свой вид. Поэтому напрасно Птолемею опасно относительно разрыва Земли и рассеяния ее в пространстве. Если действительно это может воспоследовать от вращения Земли, то тем более это могло бы случиться вследствие суточного вращения небесной сферы, скорость которого, по причине громадного расстояния этой сферы от Земли, должна бы быть неизмеримо больше, чем скорость вращения Земли.

Решающих доказательств как суточного вращения, так и годичного обращения Земли Коперник не мог еще привести. Лишь ученым позднейших столетий удалось получить такие доводы, которые возвысили гелиоцентрическую систему мира на ступень неопровержимой истины. Коперник мог противопоставить нападкам своих многочисленных противников лишь чисто логические соображения, доводы разума, ссылаясь главным образом на гораздо большую простоту своей системы. Он советовал «брать пример с природы, которая не производит ничего лишнего, ничего бесполезного, а напротив, из одной причины выводит много следствий». В связи с этим принципиальным соображением Коперник писал: «Более вероятно предположение, что Земля вращается вокруг своей оси, чем предположение, что все планеты со всеми своими различными расстояниями, все блуждающие кометы и все бесконечное воинство неподвижных звезд совершают одно и то же равномерное суточное движение вокруг Земли».

Но Коперник не ограничивался подчеркиванием простоты своей системы мира. Например, подобно Аристарху, он мог привести в доказательство своей теории то обстоятельство, что Солнце, вне всякого сомнения, гораздо больше Земли и других небесных тел (планет). На основании своих вычислений Коперник пришел к заключению, что Солнце по меньшей мере в 164 раза больше Земли (это число оказалось очень сильно преуменьшенным), так что движение Солнца вокруг Земли действительно должно было показаться чрезвычайно «невероятным». Поэтому, отведя Солнцу место в центре всей планетной системы, Коперник заметил: «Действительно, в каком другом более прекрасном месте этого храма можно было бы поместить это светило?»

Одно из важнейших доказательств того, что Солнце действительно находится в центре движения планет, Коперник совершенно правильно видел в переменном характере видимой величины или яркости планет. Например, планеты

Сатурн, Юпитер и Марс (особенно это относится к последней планете) наиболее ярки во время своего противостояния (когда Земля находится между ними и Солнцем) и, наоборот, наименее ярки во время соединения (когда Солнце находится между ними и Землей). Ибо в первом случае планеты ближе всего к Земле, а во втором—наиболее удалены от нее, чего, конечно, не могло быть, если бы они обращались вокруг Земли,—они бы в этом случае всегда находились от нас на приблизительно одинаковых расстояниях.

Необходимо отметить, что картина мира, нарисованная Коперником, еще очень далека от картины мира современной науки. Например, он не знал, что все мировые тела вместе с Солнцем находятся в безостановочном движении, что Солнце является всего лишь одной из звезд и, следовательно, не может быть центром вселенной и т. д. О звездах Коперник говорил очень мало, ибо он не знал еще ни об их величине, ни об их расстояниях от Земли и т. п., ограничиваясь лишь замечанием: «Сфера неподвижных звезд включает самое себя и все остальное,—поэтому неподвижна, как место вселенной, по отношению к которому определяется движение и положение всех остальных светил, в совокупности взятых». При этом Коперник, как и античные астрономы, считал, что вселенная должна иметь совершеннейшую форму и что потому она, подобно Земле, шарообразна. Таким образом в системе Коперника, сменившей все геоцентрические системы мира, сохранился целый ряд пережитков старой астрономии.

Вследствие этого та система мира, которая обыкновенно называется коперниковой, в некоторых существенных пунктах весьма отлична от оригинального учения Коперника, от подлинной теории этого астронома. Но при своем открытии новая истина чрезвычайно редко является законченной,—в своей завершенной форме она обыкновенно представляет собой завоевание целой эпохи, результат деятельности нескольких, если даже не многочисленных исследователей и мыслителей. Да и сам Коперник хорошо понимал, что он еще очень далек от полной удачи, что его система нуждается в дальнейшем улучшении, развитии и т. д. Свое завершение эта система получила лишь в работах Кеплера и Ньютона, открывших истинный вид кривых линий, по которым движутся планеты. Но хотя эти ученые проникли в тайны небесных движений глубже Коперника, только последний дал ключ для этого, и поэтому и теперь еще истинная система мира справедливо называется системой Коперника.

Для истории человеческой мысли важно то обстоятельство, что Коперник являет собой исключительный образ

теоретического новаторства, что он установил новые исходные позиции в науках о природе. Важно то, что он смело шел против «очевидности», против устаревших традиций, против «авторитетов» и т. д., и таким образом вывел астрономию из тупика на широкую дорогу развития. К тому же Коперник в сущности внес такие значительные поправки в учение Аристотеля о физических явлениях, что именно благодаря ему началось сокрушение аристотелианства, а значит и схоластики, богословия и т. д.

Во всяком случае Коперник, несмотря на то, что находился под влиянием некоторых аристотелевских представлений о механических, физических и других явлениях, был так непоколебимо убежден в истинности своей системы, что решительно порвал с геоцентризмом и вполне уверенно обосновал учение о движении Земли. Эта теоретическая смелость сыграла крупнейшую революционную роль в естествознании, и она несомненно служит весьма убедительным доказательством величия Коперника, его гениальности.

XVI. БОРЬБА ЦЕРКВИ С КОПЕРНИКАНСТВОМ

Учение Коперника было еще более ярким свидетельством победоносной смелости человеческого мышления, чем открытие Колумбом и другими мореплавателями заморских земель, раздвинувшее границы обитаемого мира. Между тем великие географические открытия настолько глубоко проникли в практическую жизнь, что никто не остался не задетым ими, в то время как учение Коперника представляло идейное завоевание, которое могли воспринять и разделить только немногие посвященные.

Правда, в течение сравнительно непродолжительного времени разошлось два издания его труда, но подавляющее число ученых заняло по отношению к Копернику отрицательную позицию и старалось замалчивать новое учение или на много умалить его значение.

До работ Тихо Браге, Кеплера и Галилея учение Коперника находило лишь единичных приверженцев. Открытыми сторонниками новой системы мира были Ретик, который еще в 1539 г. дал краткое изложение этой системы, и астрономы Рейнгольд и Ротман, которые старались применять учение Коперника к вычислению таблиц движения небесных тел.

Рейнгольд в 1551 г., т. е. всего лишь 8 лет спустя после смерти Коперника, издал свои астрономические таблицы (так называемые Пруссские таблицы) в двойном вычислении — по системе Птолемея и Коперника. При этом в предисловии он категорически заявил: «Мы обязаны Копернику глубокой благодарностью за его многотрудные наблю-

дения и в особенности за восстановление истинного учения о движении небесных тел». Рейнгольд этим не ограничился: вычислив астрономические таблицы по формулам нового учения (эти таблицы, между прочим, послужили основой для исправления календаря в 1583 г.), он начал готовить к печати комментарии работ Коперника, желая этим способствовать признанию в астрономическом мире заслуг коперниковой системы. К несчастью, в 1553 г. Рейнгольд умер от чумы, а с ним вместе исчез и этот комментарий, которого он не успел издать. Что же касается Ротмана, то этот коперниканец жил после Рейнгольда. Он совершенно правильно указал на ненужное усложнение, внесенное третьим движением Земли.

Но таких, как Рейнгольд и Ротман, было чрезвычайно мало: даже те астрономы, которые использовали вычисления Коперника, в подавляющем большинстве решительно отвергали его теорию.

В конце XVI в. имя Коперника появлялось в научных книгах лишь при упоминании о его якобы неудачной попытке возобновить учение Аристарха Самосского. Из студенческой тетради Галилея видно, что в Пизанском университете смотрели на теорию Коперника только как на курьезную попытку оживить систему Аристарха, окончательно отвергнутую приведенными у Птолемея возражениями.

Весьма характерно, что уже в 1552 г. в книге публициста Дони в качестве сторонника новой системы мира выставлен шутник Карафулла, который защищает основные положения Коперника (не называя его явно) против все усиливающихся возражений своего противника самыми нелепыми шутовскими аргументами. Книга Дони позволяет думать, что о движении Земли говорили в то время гораздо больше, чем это можно предполагать на основании ученых книг того времени. Но только с появлением Джордано Бруно, а затем Галилея, открылась возможность сделать учение Коперника со всеми вытекающими из него выводами, достоянием широких масс населения, незнакомых с математической премудростью. Ибо Бруно и Галилей, вслед за Монтемом, предпочитали печатать свои произведения не на языке цеховой науки, не по-латыни, а на родном языке, доступном для широких кругов.

Посмотрим теперь, каково было отношение церкви к коперниковой системе мира.

Когда распространился слух об учении Коперника, вожди реформации Лютер и Меланхтон сразу вооружились против него. При всем своем невежестве в естественных науках Лютер сразу раскусил убийственный для религиозного мировоззрения характер нового учения. Более образованный Меланхтон к тому же не мог примириться с тем,

что это учение сокрушает астрологию, и поэтому считал, что власти должны «укротить» этого смелого астронома.

Что же касается верхов католического духовенства, то, как это ни странно, вначале они отнеслись к коперниканству довольно терпимо и даже с некоторым интересом. Это видно из того, что в 1533 г. папа Климент VII, услышав о том, что Коперник распространил среди некоторых астрономов краткое изложение своего астрономического учения, собрал однажды кардиналов и приближенных к нему лиц в Ватиканском саду, чтобы выслушать сообщения своего ученого секретаря об этом новом учении. Сообщение это было выслушано довольно благожелательно, причем отношение к Копернику осталось неплохим и при следующем папе Павле III. Об этом, между прочим, свидетельствует письмо к Копернику главы доминиканского ордена, кардинала Шенберга, в котором он очень просил «ученого мужа» ни за что «не скрывать от друзей науки своей новой системы», уверяя Коперника, что он «сердечно желает доставить признание его большим заслугам». И такое отношение существовало в течение полувека после выхода книги Коперника в свет: она свободно распространялась, выдержав несколько изданий.

Итак, католическая церковь некоторое время не проявляла особого беспокойства по поводу учения Коперника, не придав значения противоречию этого учения библейским рассказам. Чем же это было обусловлено?

Книга Коперника была совершенно недоступна для широких кругов населения, так как она была написана на «языке ученых», по-латыни, и изобиловала очень сложными математическими формулами. Вместе с тем она составлена была таким образом, что в ней лишь с некоторым трудом можно было отделить руководящие мысли от массы вычислений, на них основанных. В связи с этим даже в образованной среде (при господствовавшем тогда невежестве в вопросах естествознания), вне узкого круга специалистов-астрономов, распространение ее шло очень медленно. К тому же изложение велось очень осторожно, без всяких экскурсов в область религиозных и библейских воззрений — Коперник сделал вид, что он имеет дело только с математикой. «Не знающий геометрии пусть не входит», — предупреждал он читателей. Все это способствовало тому, что церковь отнеслась к этой книге (которая к тому же была посвящена папе) терпимо. Видимо считались также с тем, что от каждого успеха астрономии можно ожидать улучшение церковного календаря.

Но главную роль здесь играло то обстоятельство, что на учение о движении Земли вокруг Солнца вначале смотрели как на гипотезу, полезную математикам, удобную

для вычисления движения светил, но не отображающую действительность. Дело в том, что верхи католичества, верные духу средневековой схоластики, смотрели на всякую гипотезу, как на более или менее удобную абстракцию, не претендующую на истину, ибо истину можно найти только в церкви, в откровении. Вот почему вначале теология не отвергла учения Коперника и считала, что раз это учение рассматривается в качестве математической фикции, то оно не может опровергать «священного» писания.

В течение долгого времени многие думали, что сам Коперник смотрел на свое учение глазами средневековых схоластиков. Дело в том, что в первом издании книги Коперника, вышедшем в 1543 г., имелось странное предисловие, в котором новое учение обозначается как гипотеза, которую «не следует считать ни истинной, ни вероятной», которая должна служить лишь для того, чтобы удобнее было вычислять небесные явления. Предисловие это было без подписи и потому приписывалось самому Копернику, но в действительности оно принадлежало богослову и математику Андрею Оссиандру, который воспользовавшись тем, что ему было поручено наблюдение за печатанием книг, самовольно поместил это свое предисловие. Коперник об этом не знал и не мог знать, так как он во время печатания своей работы лежал на смертном одре.

В своем анонимном предисловии Оссиандр объявляет тщетным стремление человека проникнуть в тайны природы,—эта природа скрыта от взоров человека и постигается лишь через «откровение». В связи с этим мы должны «придерживаться того предположения, которое является наиболее легким для понимания», т. е. мы должны ограничиться простым описанием явлений. От гипотез поэтому мы «не должны ожидать чего-нибудь достоверного»: они имеют служебный «рабочий» характер, ибо их задача — «указывать на согласованность вычислений и наблюдений». Правда, Оссиандр отмечает, что «новые гипотезы» сравнительно со старыми «удивительно прекрасны и одновременно легки для понимания», но он даже и не пытается объяснить, чем именно вызвано это их преимущество.¹

Предисловие Оссиандра — форменное издевательство над трудом жизни Коперника. Ибо последний и не думал выдавать свое учение за геометрическую абстракцию, толь-

¹ Интересно отметить, что на такой же точке зрения стоят представители новейшей «научной философии» — эмпириокритицизма (матризма): их идеи об «экономическом описании явлений», о «рабочих гипотезах», о «чистом опыте» и пр. мы в довольно ясной форме встречаем у Оссиандра. При чтении этого богослова сразу становится ясным и понятным теологический корень той «философии естествознания», которая не перестает твердить о своей «научности», «беспристрастности», «прогрессивности» и пр. А что эта философия, родст-

ко удобную для вычисления небесных движений: для него новое учение было изображением действительности. Это видно хотя бы из его дипломатически написанного «посвящения папе Павлу III». В заключительной части он говорил: «Если найдутся пустые болтуны, которые, ничего не смыслия в математических науках, позволят себе осуждать или опровергать мое предприятие, намеренно искажая какое-либо место священного писания, то я не стану на них обращать внимания, а напротив, буду пренебрегать подобным неразумным суждением. Ибо не безызвестно, что знаменитый Лактанций, не особенно впрочем сведущий в математике, довольно ребячески рассуждал о фигуре Земли, насмехаясь над теми, которые считали ее шаровидною. Поэтому люди науки не должны удивляться тому, что мыслящие таким образом станут насмехаться и над нами. Математические предметы пишутся для одних математиков». Таким образом ясно, что Коперник несколько не сомневался в своем учении и не излагал его как «рабочую гипотезу».

Итак, вначале католическая церковь не отбрасывала учения Коперника, а смотрела на него глазами Оссиандра, старавшегося обезвредить это учение, придать ему приемлемый для церкви характер. Она выступала против коперниканства только после того, как появился Джордано Бруно (1548—1600), который не только популяризировал это учение, но развивал его. Этот гениальный философ смело отбросил ухищрения Оссиандра, заявив, что учение Коперника не математическая фикция, а картина действительности. Он сделал новые идеи понятными для неспециалистов, излагая их без всяких математических формул на живом, понятном, разговорном языке. И наконец,— и это наиболее важно,— он развил из коперниканства учение о бесконечности вселенной и множественности обитаемых миров, которое нанесло тяжелый удар религиозному мировоззрению.

Благодаря Бруно церковь ясно увидела, что учение Коперника таит в себе глубочайшую ересь, что оно совершен-

венная идеализму Юма и блестяще разоблаченная Лениным в его книге об эмпириокритицизме, не отошла еще в область преданий, видно хотя бы из того, что редактор посмертного издания книжки Клейна «Астрономические вечера» Критцингер снабдил изложение мысли Оссиандра безапелляционным примечанием: «Это замечание вполне соответствует воззрениям современного естествознания». Да и сам гаварь «эмпириокритицизма» Мах, касаясь в своей «Механике» учений Птолемея и Коперника, писал вполне в духе Оссиандра и прочих католических теологов: «Оба учения одинаково правильны, но последнее (т. е. Коперника) только проще и практичнее». И, подобно Оссиандру, он молчит о том, чем именно вызвано это преимущество...

но непримиримо с христианством и всякой другой религией. Поэтому церковь в 1600 г. зверски расправилась с Бруно: сожгла его живым на костре...

Вскоре после этого события гениальный коперниканец Галилео Галилей (1564—1642) своими телескопическими открытиями блестяще подтвердил учение Коперника, и в связи с этим римская инквизиция поставила вопрос о коперниканстве. В 1616 г. она запретила как «пагубные для католической истины», как «совершенно противные священному писанию» книги всех тех последователей Коперника, которые не хотели признать движение Земли удобной абстракцией, геометрической фикцией. Книга самого Коперника была запрещена условно до тех пор, «пока не будет исправлена». Список исправлений вскоре был действительно обнародован, причем заключался он в удалении тех мест, где Земля называлась небесным телом, и в некоторых изменениях, имевших назначение представить существенные принципы книги в виде чисто математических гипотез, придуманных ради удобства вычислений. В связи с этим официально было подчеркнуто: «Коперник не гипотетически предложил учение о движении земного шара,— учение, противное священному писанию и его точному толкованию католической церковью,— напротив, он считает свое учение истинным и несомненным, потому оно нетерпимо в истинном христианстве». В 1633 г. церковь расправилась с Галилеем и запретила даже излагать коперниково учение в виде гипотезы,— она разрешила только опровергать это «пагубное» для христианства представление о мире. Только в 1835 г., не желая более оставаться в смешном положении, католическая церковь решилась вычеркнуть книги коперниканцев из списка запрещенных книг.

С учением Коперника жестоко боролись не только лютеранская и католическая церкви, но и православная церковь, которая вообще всячески душила науку и просвещение. Хотя уже в 1530 г., т. е. до выхода в свет книги Коперника, о гелиоцентрическом учении уже знали в России, первое изложение этого учения в русской литературе появилось только в пятидесятых годах XVII столетия, т. е. уже после смерти великих коперниканцев Кеплера и Галилея. Однако и это изложение, сделанное Славинецким, не получило распространения (оно осталось в немногих рукописях), ибо православная церковь категорически запрещала всякие объяснения устройства мира, несогласные с «священным» писанием. В учредительной грамоте Московской славяно-латинской академии, основанной в 1682 г., было прямо сказано, что всякий, кто осмелится распространять не одобренные церковью взгляды «без всякого снисхождения да сожжется».

Только в 1717 г., т. е. уже после открытия Ньютоном закона всемирного тяготения, по распоряжению Петра I был напечатан перевод книги Гюйгенса, которая излагала учение Коперника. Но это породило разговоры о том, что подобные «богопротивные книжки» суть «навождения сатанинские» и служат «на пользу дьяволу». А мастер монетного двора Посошков (1653—1726), всецело стоявший на почве церковной идеологии, в своем «Завещании» очень ярко выявил непримиримость гелиоцентризма с библейским мировоззрением, так как он прекрасно понял антирелигиозный смысл коперниканства. Он говорил о новом учении как об умственном разврате, а Коперника называл «проклятым богу соперником», который «не токмо слово божие, но и дела его опорочиша».

Свое рассуждение о коперниканстве Посошков закончил следующими словами: «А проклятый Коперник, богу соперник, тот творительный глагол божий спорит, и Моисеево писание: иже от откровения божия написанная, ничтожит. И тому своему джемоставному вымыслу, никакова от божественного писания свидетельства не являет: но токмо своим богопротивным умствованием утверждает. И ты же лютеране в такое же безумие от высокомерия своего внидоша, еже и самого бога ничтожити начинают и глаголют: несть бога. О предельного люторского безумия, законы вся божия превратиша: онако: а потом начаша творение его обращати онако же: тягостную землю подъяша на воздух, от кентра земного идеже была от бога сотворена, вознесоша на высоту небесную, и со звездами ю уравниша, и планетою ю нарекоша, а легкость солнечную, с высоты небесные, идеже е устроил бог, снесоша, и поставиша в средине тверди небесныя, идеже по божию творению, и повелению всякая тяжесть собираешся. Бог сотворил солнце в послушение и просвещение земли, и живущим на ней человеком, а люторане солнце — в бога почтоша, устроиша ему недвижиму быти, а земле, и с человеки, повелеша служить солнцу, и на книждо день окрест его творити».

После смерти Петра I притихшие на время церковники принялись всячески препятствовать распространению научных представлений о мире. По настоянию синода была запрещена выведшая в 1740 г. переводная книга Фонтенеля «Разговоры о множестве миров», а имевшиеся экземпляры ее были конфискованы и уничтожены. В связи с этим учение Коперника было запрещено как «вере святой противное и с честными нравами не согласное».

В это мрачное время один только Ломоносов (1712—1765) осмелился возвысить свой голос против поповского мракобесия; этот гениальный русский ученый пренебрег запрещением синода излагать учение Коперника и с ри-

ском для себя защищал и пропагандировал это ненавистное церковникам представление о мире. Стараясь расправиться с бесстрашным ученым, синод в 1757 г. начал против Ломоносова дело, обратившись к царице Елизавете с просьбой «означенного Ломоносова для надлежащего в том увещания и исправления в синод отослать». Только совершенно случайно это дело заглохло и не имело последствий для первого русского ученого.¹

Но борьба русских реакционеров с коперниканством продолжалась и после Ломоносова, приняв лишь другие формы.

С тех пор как католическая церковь вынуждена была снять запрет с учения Коперника, богословы разных религий не осмеливаются открыто оспаривать тот факт, что Земля является лишь одним из небесных тел. Но они по-прежнему ненавидят учение Коперника за то, что оно нанесло сокрушительный удар антропогеоцентризму — этому важному пункту религиозно-библейского мировоззрения. Поэтому они бывают чрезвычайно довольны, когда время от времени появляются наивные чудачки или откровенные мракобесы и ловкие шарлатаны, которые с «ученым видом» уверяют, что учение Коперника якобы все еще окончательно не доказано, что оно включает в себе массу вопиющих противоречий, и т. д. Такие выступления имели место даже во второй половине прошлого столетия, и книги, направленные против учения Коперника благодаря поддержке поповщины выдерживали немало изданий.

Так, в 1866 г. астроному Медлеру пришлось выступить против немецкого педагога Шепфера, который в целом ряде книг и лекций уверял, что учение Коперника — это «ученое шарлатанство последнего времени», что это учение завело астрономию в безысходный тупик, что астрономия должна вернуться к докоперниковскому религиозно-библейскому представлению о неподвижности Земли в центре вселенной. Шепфер не скрывал того, что его «критика» коперниканства вызвана религиозными соображениями, так как отрицание антропогеоцентрического мировоззрения неизбежно ведет к заключению, что «библия — это не более как простая книга, некоторые места которой можно при случае игнорировать, как стесняющие свободу мышления». Одновременно с Шепфером антикоперниковские идеи высказал англичанин Моррисон, который старался даже оправдать астрологию.

Русские мракобесы постарались, чтобы идеи Шепфера стали известны русской читающей публике, уверяя, что они «достойны научного интереса». В 1876 г. Шепфер выпустил большую книгу «Противоречия в астрономии, проявляю-

¹ Б. Райков. Очерки по истории гелиоцентрического мировоззрения в России. 1937.

щиеся рядом с принятием системы Коперника и исчезающие при гипотезе ей противоположной». В этой книге Шепфер пытался «окончательно опровергнуть учение Коперника» и утверждал, что это учение не справилось с выдвинутыми против него возражениями. Он попросту отвергал все достижения современной астрономии (законы Кеплера, закон всемирного тяготения, телескопические и спектральные данные и пр.). Он уверял, что «современные астрономы знают о небе столько же, сколько знали о нем древние» и что все наши заключения о движении, расстояниях, размерах, массах, температурах и пр. небесных тел «представляют собой не более как пустые мечты пылкого детского воображения». При этом Шепфер пророчествовал: «Придет время, когда астрономы вернутся к геоцентрической системе, т. е. когда они будут считать, что Земля является центральным телом вселенной, около которого сосредоточивается движение всех светил». Все подобные попытки возродить средневековое мировоззрение лишь выявили невежество «критиков» коперниканства и полнейшую непримиримость научного и религиозного представления о мире.

XVII. СМЕСЬ ГЕОЦЕНТРИЗМА И ГЕЛИОЦЕНТРИЗМА

Чтобы подготовить торжество учения Коперника, нужно было прежде всего окончательно разрушить систему мира Птолемея, т. е. показать, что это древнее представление об устройстве вселенной противоречит наблюдениям небесных светил. Это было сделано датчанином Тихо Браге, который был назван «королем астрономов», ибо он превзошел всех прежних астрономов многочисленностью и тщательностью своих наблюдений небесных тел.

Тихо Браге родился в 1546 г., т. е. через три года после смерти Коперника, и вначале готовился к политической карьере, изучая право, риторику и пр. Но под влиянием частного солнечного затмения 1560 г. он чрезвычайно заинтересовался небесными явлениями и стал усердно заниматься астрономией, решив всецело отдаться научным исследованиям. Ему удалось построить вблизи Копенгагена, на небольшом острове Хвене, великолепную обсерваторию. Тихо Браге снабдил ее большим количеством прекрасных инструментов, которые он сам соорудил в своих мастерских. Он работал в этой обсерватории 21 год и за это время (при содействии целого штата помощников) накопил огромное количество весьма точных наблюдений (в особенности планеты Марс). В 1597 г. он вынужден был покинуть остров Хвен и закрыть эту обсерваторию, так как после смерти короля Фридриха остался без покровителя. В конце 1599 г.

Тихо Браге перебрался в Прагу, где приступил к наблюдениям и надеялся обработать весь запас своих наблюдений с целью определить истинную форму орбит планет. Но ему недолго пришлось проработать над решением этой важной задачи, так как в ноябре 1601 г. он внезапно заболел и через несколько дней умер.

Во многих отношениях Тихо Браге можно назвать реформатором практической астрономии, так как он значительно усовершенствовал как инструменты, так и самые

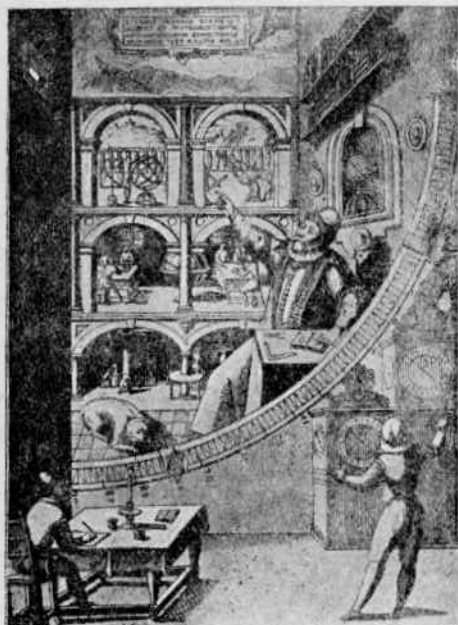


Фиг. 34. Тихо Браге.

приемы наблюдений. В результате он придал астрономическим измерениям неизвестную до тех пор степень точности, заложив этим основание для всего дальнейшего развития астрономии. Важно то, что Тихо Браге производил наблюдения не от случая к случаю, как это делалось раньше, а строго систематически. Он проводил непрерывную регистрацию небесных явлений и таким путем получил богатый материал для выводов об устройстве планетной системы и законах движения планет.

Беззаветна была любовь этого великого астронома-наблюдателя к своему делу; даже в предсмертном бреду он неоднократно выражал надежду, что его жизнь не прошла бесплодно, восклицая: «Я жил не даром!». Действительно,

труды Тихо Браге не пропали даром: они попали в верные руки Кеплера, который в течение семнадцати лет подвергал их заботливой обработке и в результате открыл законы движения планет. Таким образом работы этих ученых счастливо дополняли друг друга: если без кеплеровой обработки наблюдения Тихо Браге являлись мертвым сокровищем, то и Кеплер мог добиться своих великих открытий только благодаря наследству Тихо Браге.



Фиг. 35. Тихо Браге в своей обсерватории руководит измерением положения небесных светил.

Мог бы и Кеплер мог добиться своих великих открытий только благодаря наследству Тихо Браге.

К периоду астрономической деятельности Тихо относится появление целого ряда комет, которые он наблюдал с все возрастающей точностью. Уже наблюдения над яркой кометой 1577 г. в достаточной степени убедили его в том, что кометы не имеют параллакса и находятся, следовательно, далеко за пределами лунной орбиты. Таким образом он разрушил распространенное тогда мнение Аристотеля (которого он и сам придерживался несколько годами раньше), что кометы являются порождениями нашей земной атмосферы.

Наблюдения привели его к несомненному выводу, что кометы представляют собой самостоятельные небесные тела и что они движутся по совершенно определенным орбитам вокруг Солнца на расстоянии, которое превосходит расстояние Венеры. Этим своим выводам Тихо Браге справедливо гордился, ибо тем самым он весьма серьезно пошатнул старое представление о твердых хрустальных небесных сферах.

Тихо Браге довольно скоро обнаружил значительную разницу между предвычисленными и наблюдаемыми положениями планет. Поэтому он пришел к заключению, что ближайшей задачей астрономии являются точные и систематические наблюдения с целью установить движение планет, а затем, на основании данных наблюдений, выяснить

действительную систему мира. Однако смерть помешала Тихо Браге обработать результаты своих наблюдений. Он успел только убедиться в полнейшей несостоятельности птолемеевого представления о движении планет и вследствие этого обратил свое особое внимание на планету Марс. Путь этой планеты издавна представлял наибольшие затруднения для астрономов, потому что он всего менее согласуется с экцентрическим кругом.

Этот астроном вполне сознавал простоту и ясность, с которой система Коперника распутывала сложность планетных движений. Он допускал даже, что это наиболее удобная гипотеза для вычислений, и поэтому не скупился на похвалы Копернику. Но понимая, что видимые движения планет лучше согласуются с новым учением, чем с геоцентрическим воззрением, Тихо Браге тем не менее не решался признать, что новое учение соответствует фактическому положению вещей. И это потому, что никак не мог себе представить движения Земли, хорошо видя те затруднения, которые тогда связаны были с системой Коперника.

Посмотрим, какие возражения приводил Тихо Браге против допущения движения Земли.

Прежде всего Тихо Браге указывал на то, что если Земля движется вокруг Солнца, то она в течение полугода пробегает такое огромное расстояние, что неподвижные звезды должны изменять свое кажущееся положение в пространстве, т. е. обнаруживать параллакс. А между тем Тихо Браге, стараясь проверить правильность теории Коперника, совершенно безрезультатно искал параллакс звезд. Правда, как мы уже знаем, Коперник, предвидя это возражение, наперед отверг его указанием на громадность расстояния неподвижных звезд. Но Тихо Браге не соглашался с этим указанием, так как в этом случае между звездами и солнечной системой оставалось бы «пустое пространство» слишком обширных размеров. Он говорил: «Коперник предполагает невероятное и нелепое расстояние. Во всем должна быть гармония; создатель любит порядок, а не беспорядок. Подобное пространство, лишенное звезд и планет, не служило бы ровно ни к чему».

В письме к Ротману от 24 ноября 1589 г. Тихо Браге писал: «Если допустить годовое движение Земли, то пришлось бы отодвинуть сферу неподвижных звезд в такую даль, чтобы описываемая Землею орбита была по сравнению с этим расстоянием ничтожно малой. Считаешь ли ты возможным, чтобы расстояние между Солнцем, этим предполагаемым центром мира, и Сатурном было меньше одной семисотой расстояния от сферы неподвижных звезд? К тому же это пространство должно было быть лишенным звезд. А между тем так должно быть непременно, если го-

дичный путь Земли, рассматриваемый с неподвижных звезд, составляет по величине только одну минуту». На самом же деле, как это удалось доказать только в XIX в., параллакс даже ближайших звезд меньше одной секунды, так как звезды действительно находятся на огромном расстоянии от солнечной системы.

Наиболее серьезным и вместе с тем оригинальным казалось следующее астрономическое возражение Тихо Браге против учения Коперника, выведенное им из своих наблюдений движения комет. Тихо Браге считал, что если учение Коперника правильно, то в движении комет должно наблюдаться то же «второе неравенство», которое замечается в движении планет, т. е. в движениях комет, подобно планетам, должны замечаться явления, обратного движения, узлов, стояния. Между тем наблюдения Тихо Браге привели его к заключению, что кометы не меняют направления своего движения, т. е. «не делают» узлов, и в этом он видел ясное доказательство неправильности учения о годовом движении Земли. Он писал ученому Пейцеру: «Две кометы, которые пришли в положение противостояния к Солнцу, показали довольно очевидно, что Земля действительно не движется, так как ее предполагаемое движение не влияло на их предварительно вычисленное и равномерное течение, как в планетах, которые на этом основании, как думает Коперник, изменяют свое движение на обратное». Но все дело в том, что Тихо Браге наблюдал очень мало комет и добытый им материал не позволял делать правильных выводов об особенностях их кажущегося пути. Впоследствии оказалось, что годовое движение Земли сказывается и на видимом перемещении комет.

Помимо указанных астрономических возражений против учения Коперника, отрицательное отношение Тихо Браге к представлению о движении Земли основывалось еще на тогдашних «физических принципах», на характерном для того времени отсутствии правильных понятий в области механики. Прежде всего Тихо Браге приводил ходячее возражение, что если бы Земля вращалась вокруг оси, то никакое падающее тело не могло бы достичь поверхности земли по отвесной линии: все подвижные предметы всегда уносились бы к западу. Как известно, Коперник предвидел подобное возражение и пытался его опровергнуть указанием на то, что все земные тела неразрывно связаны с Землей и поэтому они вместе с нею вращаются. Однако это указание не могло быть достаточно убедительным в то время, когда закон инерции был еще неизвестен, и поэтому еще долгое время казалось непонятным, каким образом при вращении Земли камень, брошенный с высоты башни, может упасть у ее подножия.

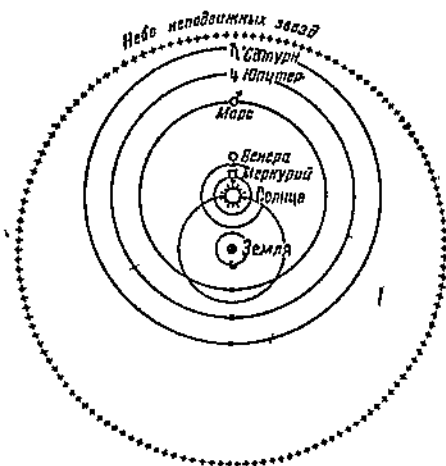
Далее Тихо Браге подчеркивал, что Земля слишком «инертна и толста», слишком «неуклюжа и тяжела», чтобы быть способной двигаться в пространстве наподобие планеты или другого небесного тела. Упомянутый уже Ротман, в ответ на это, возражал, что по наблюдению самого Тихо Браге Солнце в 140 раз, Юпитер в 12 раз, а Сатурн в 22 раза больше Земли (на самом деле эти числа значительно преуменьшены) и поэтому их надо считать еще менее пригодными для движения. Но Тихо Браге не обратил внимания на это совершенно справедливое замечание, так как вопреки данным о размерах светил, он, очевидно, не считал их тяжелыми.

Затем он указал на отсутствие силы, которая поддерживала бы постоянное направление земной оси. Это действительно было тогда весьма веским аргументом против учения Коперника. Вообще возражения Тихо Браге против системы Коперника нельзя рассматривать как предвзятые, — они вытекали из господствовавших тогда неправильных понятий.

Наконец, Тихо Браге останавливало еще затруднение библейского характера: ведь «священное писание» в книге Иисуса Навина («Солнце, остановись в Гаваоне!») прямо отвергает учение о движении Земли вокруг неподвижного Солнца. Таким образом у Тихо Браге создалось такое положение: систему Птолемея необходимо отбросить, так как она является слишком запутанной, чтобы быть правдоподобной, а систему Коперника, несмотря на ее гораздо более простой характер, нельзя принять, потому что она противоречит как современным ему физическим воззрениям, так и священному писанию. Поэтому уже в 1583 г. Тихо Браге придумал свою собственную систему мира, которая имела ясно выраженный промежуточный, так сказать соглашательский характер: она представляла собой компромисс между системами Птолемея и Коперника. Он изложил ее в 1587 г. в своем сочинении «О новейших явлениях в эфирном мире», написанном по поводу его наблюдений над кометой 1577 г. (оно вышло из печати в 1603 г., после смерти автора, но в списках было распространено гораздо раньше — уже в 1588 г.).

В этом сочинении Тихо Браге говорит: «Я заметил, что древняя система Птолемея совсем неестественная и весьма запутана. Но я не одобряю тоже нововведения, предложенного Коперником, по примеру Аристарха Самосского, о котором говорит Архимед в своей книге «О числе песка», адресованной Гедиону, королю сицилийскому. Эта грубая масса Земли, столь мало способная к движению, не может, подобно небесным телам, перемещаться и двигаться тремя различными способами, не нарушая закона физики. При-

том же и священное писание мешает принять это учение... Итак, я полагаю, что следует твердо и без всяких колебаний поместить Землю неподвижно в центре мира, следуя мнению древних и свидетельству священного писания. По моему мнению, небесные движения происходят таким образом, что Солнце, Луна и сфера неподвижных звезд, замыкающая всю вселенную, имеют центром Землю. Пять планет



Фиг. 36. Гео-гелиоцентрическая система мира Тихо Браге.

обращаются вокруг Солнца, как около своего вождя и короля, а Солнце беспрестанно находится среди этих небесных тел и в сопровождении их совершает свое годовое движение вокруг Земли».

Как видно, эту систему мира можно назвать гео-гелиоцентрической: Тихо Браге взял у Птолемея и других древних ученых взгляд, что Земли является неподвижным центром мира и вместе с тем центром движения звезд, Солнца и Луны,

а у Коперника заимствовал представление, что Солнце служит центром планетных орбит. Другими словами, Тихо Браге развил так называемую «египетскую систему», которая считает Землю неподвижным центром мира, но в то же время допускает обращение двух планет — Меркурия и Венеры — вокруг Солнца.

Однако после Коперника уже не могло не казаться чрезвычайно странным, чтобы огромное Солнце и весьма далекие от нас звезды обращались вокруг Земли в течение суток, двигаясь вокруг нее с умопомрачительной скоростью. Чтобы преодолеть это затруднение, чтобы избежать колоссального суточного движения всего небесного механизма, астроном Реймерс, работавший у Тихо Браге, подверг изменению систему последнего, допустив суточное вращение Земли вокруг оси, т. е. объявив суточное движение небесной сферы иллюзией. Значит, этот астроном тоже стоял на геоцентрической точке зрения, но, подобно Гераклиду Понтийскому, допускал вращение Земли, а движение Солнца и планет рисовал себе по Тихо Браге.

Преимущество своей новой, половинчатой, гео-гелиоцентрической системы мира Тихо Браге видел в устранении

затруднений физического характера, имеющихся в движении Земли. В остальном же у него и у Реймерса все осталось по-старому, т. е. для объяснения неравномерностей снова пришлось прибегнуть к помощи эпициклов и эксцентрических кругов. Поэтому можно сказать, что эти взгляды представляют некоторый прогресс сравнительно с птолемеевой теорией и огромный шаг назад по сравнению с системой Коперника. Этим именно объясняется то обстоятельство, что идеи Тихо Браге и Реймерса нашли очень мало последователей; ни один выдающийся астроном их не принял.

Но отсюда не следует, что эти взгляды прошли бесследно в истории астрономии, что они не оказали положительного влияния на развитие наших представлений о строении вселенной. Значение их состояло в том, что они свидетельствовали о несостоятельности Птолемея и тем подготовили окончательную и решительную победу системы Коперника, способствовали разрушению геоцентрического мировоззрения. Слава и уважение, которыми пользовался Тихо Браге в астрономическом мире, были велики, а его отрицательное отношение к Птолемею стало вскоре общеизвестным. После того как Тихо Браге отрекся от старой системы мира и стал придумывать новую, никто из серьезных ученых уже не решался отстаивать взгляд, что планеты обращаются вокруг Земли. К тому же вскоре после смерти Тихо Браге почти одновременно появились гениальные исследования Галилея и Кеплера, которые неоспоримо доказали, что Земля — планета, обращающаяся вокруг Солнца в течение года.

Весьма характерно то, что скрытые или явные антикоперниканцы последнего времени, отстаивая в той или иной форме геоцентрическую точку зрения, не решаются защищать систему Птолемея, а склоняются к системе Тихо Браге. Так поступил, например, уже известный нам Шепфер, который между прочим говорил, что движение Солнца и планет вокруг маленькой Земли не должно нас смущать, ибо Земля является величайшим телом вселенной. Он утверждал, что размеры Солнца и планет ошибочно определены на основе учения Коперника и что на самом деле эти небесные светила вовсе не являются огромными телами. «Снимите, — писал Шепфер, — опалу с нашего земного шара, освободите его от позора планетизма, — и тогда исчезнут сами собой эти пресловутые небесные тела и превратятся вновь в те светила, которые еще Моисеем делились на большие и малые». Но здесь Шепфер уже отвергал учение авторитетного для него Тихо Браге, который на основании своих наблюдений считал установленным, что Солнце и некоторые планеты во много раз больше Земли.

ХVIII. УЧЕНИЕ О МНОЖЕСТВЕННОСТИ МИРОВ

Одним из выдающихся последователей Коперника был Джордано Бруно. Его Энгельс отнес к числу «гигантов учености, духа и характера», так как он бесспорно был самым решительным и самым революционным философом конца XVI в. и одной из значительных фигур эпохи Возрождения.



Фиг. 37. Джордано Бруно.

Джордано Бруно родился в 1548 г. в маленьком городке Нола близ Неаполя. Когда ему еще не было 15 лет, он поступил в доминиканский монастырь, надеясь получить от монашеской жизни безмятежный досуг для обогащения своего ума знаниями. Но вскоре он должен был испытать, к своему разочарованию, как «цензоры стремились отвлечь его от более достойных и высших занятий, наложить оковы на его дух и превратить его из свободного человека, служащего добродетели, в раба жалкого и глупого ханжества». Уже в период его послушничества ему грозили обвинением в нерелигиозности, так как он удалил из своей кельи изображения святых и высказал целый ряд еретических мыслей. Вскоре он стал резким противником аристотелизма, примкнул к учению Николая Кузанского (в последнем он видел родственный себе дух, которому лишь

священническая одежда мешала свободно двигаться), и из древних философов почитал атомистов, т. е. материалистов. Он проникся ненавистью к схоластике и к монашеству и решил начать борьбу со старым мировоззрением.

Особенное, даже решающее значение для духовного развития и жизненной судьбы Бруно, бывшего современником Тихо Браге, имело знакомство с сочинением Коперника, которое он получил, повидимому, относительно рано («убедительное слово Коперника стучало во врата юношеской души» впоследствии заметил он). Глубоко было его удивление перед величием души старого астронома, который, не обращая внимания на шутки невежд и вопреки могучему течению, стойко выдержал свою позицию. Бруно не только безоговорочно принял учение Коперника, но с отважной последовательностью устранил последнюю границу, оставшуюся у самого Коперника — сферу неподвижных звезд, «скорлупу и выпуклую поверхность» звездного неба. В отличие от Коперника, считавшего наше Солнце центром вселенной, Бруно никакого центра не признавал. Он утверждал, что вселенная бесконечна и заполнена неисчислимым количеством миров и, стало быть, в ней отсутствуют какие бы то ни было особые места, центры и т. д.

Благодаря новому учению о вселенной средневековое церковное мировоззрение рассеялось у Бруно подобно призраку, и так как он не скрывал своих «мятежных мыслей», то против него возбудили обвинение в ереси, сформулированное в 130 статьях. Поэтому в 1576 г., на 28 году своей жизни, Бруно сошел с себя одежду своего ордена и бежал из монастыря, чтобы превратиться в пропагандиста нового передового мировоззрения. В течение 15 лет он вел беспоконную жизнь скитальца, изъездив половину Европы, где написал целый ряд книг, преимущественно в форме диалогов. В Италии, в Швейцарии, во Франции, в Англии, в Германии, затем снова в Италии — всюду он страстно и красноречиво полемизировал с цеховыми учеными (схоластами, аристотелианцами). Всюду он старался насаждать свое учение — новое воззрение на вселенную, не желая считаться с общепринятыми взглядами, считая себя «профессором более высокой мудрости чем та, которую обычно преподают». Бруно не признавал никакого внешнего, постороннего двигателя, который бы приводил в движение небесные тела: он считал, что движение Земли и других мировых тел имеет «ненасильственный» (естественный) характер, происходит вследствие своего внутреннего принципа. «Если бы посторонний двигатель существовал, — писал он, — тогда все движения во вселенной были бы насильственными, а это противоречит всей природе движения».

Но особенно важно то, что Бруно решительно отвергал

представление о коренном различии между земными и небесными телами, которое лежит в основе учения аристотеликов о вселенной. Например, в знаменитом диалоге Бруно «О бесконечном, о вселенной и о мирах» один из представителей старого учения говорит: «Различие, действительно, превеликое. Те божественны, эти грубо материальны; те никаким страданиям не подвержены, не изменяемы, ненарушимы, вечны; эти совсем наоборот. Те движутся по совершенным кругам, эти — лишь по прямым линиям». На это другой собеседник, устами которого говорит сам Бруно, отвечает, что для такого противопоставления земного и небесного нет ни малейших оснований. «Почему я могу знать, — говорит он, — что небесные тела действительно движутся по кругам около Земли, а не Земля движется по кругу? Находящемуся на корабле кажется, что берег бежит, а корабль стоит... То, что наблюдение показывает мне с Земли на других телах, не должно ли с других тел представляться на Земле?». Вообще Бруно считал «сном, химерой, бреднями» резкое разграничение природы на абсолютно различные области, «распределение природы по отдельным ступеням» и т.д.

Когда Бруно читал лекции о коперниковой системе мира, особенно шумные возражения вызывало неслыханное до того утверждение бесчисленного множества солнечных систем в бесконечной вселенной. Развивая учение Коперника, Бруно говорил, что вселенная бесконечна во времени и пространстве, в ней находятся бесчисленные миры, подверженные определенным изменениям. Никакого центра вселенной не существует; центр и границы имеют лишь отдельные миры, рассеянные в бесконечном пространстве. Вся коперникова «система мира», т. е. весь солнечный мир — не более как песчинка, затерянная в мировом пространстве, а каждая звезда — это солнце, вокруг которого плавно носятся планеты (или — по его более выразительному утверждению — «земли»), населенные разумными существами. В связи с этим он разделял все небесные тела на два рода, на самосветящиеся — «солнца», и освещаемые — «земли», и считал, что в действительности существует лишь одно небо, которое бесконечно и обнимает все вещи. Во вселенной не может быть ни верха, ни низа, ни тяжести, ни легкости, иначе, как в относительном смысле, причем вселенная едина во всех своих частях, подчинена единообразным законам. Поэтому Бруно не сомневается, что органическая жизнь также повсюду достигает развития в бесчисленных градациях и формах, подобных земным и даже выше земных. Только глупец, — говорил он, — может думать, что могучие и великолепные мировые системы, заключающиеся в беспредельном пространстве, лишены живых существ, не содержат ничего иного, кроме света, который они ниспосылают на

Землю. Отсюда вытекало, что бессмысленно думать, будто все на свете существует только ради земного человечества.

Итак, Бруно учил о бесконечности вселенной и множественности обитаемых миров, и этим учением он окончательно опроверг средневековое антропоцентрическое мировоззрение. Тогда это учение казалось безумно смелым и буквально ослепляло: даже такой выдающийся ученый, как коперниканец Кеплер, говорил, что он испытывал головокружение, читая сочинения Бруно...

22 мая 1592 г. Бруно был вероломно арестован и посажен в тюрьму инквизиции, где провел 8 мучительных лет. Почти во главе обвинения стоит учение о бесконечности вселенной и множественности миров, которое церковь не могла не считать величайшей ересью. Это обвинение Бруно пытался отвести при помощи такого аргумента: «По-моему, божественной премудрости и силе недостойно создание одного конечного мира, раз она может наряду с ним создать другой и еще бесконечное число других, и потому я утверждаю, что существует бесчисленное число миров, подобных миру Земли; вместе с Пифагором я полагаю, что Земля есть светило и что ей подобны Луна, планеты и другие светила, число которых бесконечно, и что все эти тела суть миры». При этом Бруно неоднократно подчеркивал, что свое учение он излагает как философ, не высказываясь о том, чему отвечает как христианин, в согласии с учением о «двойственной истине», позволяющей науке и вере существовать друг возле друга во всяких случаях.

Бруно один боролся против всемогущей церкви. Когда он увидел невозможность избавиться от казни при помощи своих ухищрений, он сделал заявление, которое имело характер отречения, считая его пустой формальностью. Но инквизиционный трибунал ставил своей целью не простое его отречение, а овладение его сознанием: имелось в виду отдать его перо на службу всей той системе верований, которая была им опровергнута. На это Бруно не согласился, и всякие попытки опровергнуть его учение лишь укрепляли его преданность своим убеждениям, лишь возвращали его к защите своих взглядов.

Глубоко убежденный в своей правоте, Бруно считал, что «смерть в одном столетии делает мыслителя бессмертным для будущих веков». Он сознавал, что церкви не удастся задержать прогресс научно-философской мысли, что близится новое время, которое в конце концов справедливо оценит его идеи. В тюрьме он писал о себе: «Было во мне все-таки то, в чем не откажут мне будущие века, и потомки скажут: страх смерти был чужд ему, силой характера он обладал большой и ставил выше всех наслаждений жизни борьбу за истину». Поэтому в самый решительный момент

«суда» Бруно твердо заявил своим мучителям, что «он не может и не хочет отречься, что ему не от чего отрекаться, и что он не понимает, от чего ему отрекаться».

Вскоре после этого Бруно вынужден был, стоя на коленях, выслушать приговор, гласивший, что Бруно лишается монашеского сана, подвергается отлучению и после этого предается в распоряжение власти с обычной просьбой: «наказать столь возможно кротко и без пролития крови», т. е. сжечь его живым на костре. Выслушав приговор, Бруно гордо поднялся и, обратившись к судьям, произнес: «Повидимому, вы с большим страхом выносите против меня приговор, чем я его выслушиваю». Ему дали последний срок для отречения, но его стойкость осталась непоколебимой, и он заявил: «Я умираю мучеником добровольно».

17 февраля 1600 г. из государственной тюрьмы в Риме Бруно, закованного в цепи, вели на костер. На него были одеты внешние знаки еретика (саван и пр.), а его язык был прищемлен, дабы воспрепятствовать ему произносить «хуления» против церкви. На глазах огромной толпы, собравшейся на зрелище, Бруно привязали к столбу; вокруг этого столба нагромодили кучу дров, которые были зажжены. Бруно медленно сгорал заживо в полном сознании, но он умирал стойко: ни единый вздох не вырвался из его груди в течение ужасной муки.

То, что мы теперь считаем геройской смертью, являлось в глазах современников позорной казнью, недостойной чувства сострадания. «Таким образом,—самодовольно и насмешливо сообщает очевидец конца Бруно поп Шоппиус в письме к своему другу,—Бруно бесславно погиб в огне и может рассказывать в тех иных мирах, которые он так богохульно воображал себе, о том, как римляне обыкновенно обращаются с безбожниками вроде его». Когда костер угас, пепел, оставшийся от Бруно, был развеян по ветру, для того чтобы от еретика не осталось никаких следов; имя его было предано опале, сочинения его стали величайшей редкостью, надолго он был почти совершенно забыт. Только Кеплер ссылался на него и лишь Кампанелла однажды не открыто назвал его «известным ноланцем» (по месту рождения Бруно); Галилей старательно молчал о нем, чтобы не навлечь на себя еще больших подозрений.

Правильно сказал философ А. Риль в своей лекции о Бруно: «Во главе всех ересей, в которых он был обвинен, находится учение о множественности миров, и это обстоятельство правильно усмотрел Шоппиус. Множественность миров, а не вращение Земли вокруг Солнца, является просто-таки не соединимым с верованиями церкви. Разве жители остальных миров также происходят от Адама, возражали с торжествующим видом Галилею,—разве Христос и

за них мог претерпеть крестное распятие? Можно было сказать, конечно, что дело Бруно было проиграно и помимо обвинения в такого рода ереси. Разве он не был отступником-рецидивистом, убежавшим из ордена монахов? Достаточно оснований, чтобы осудить его, по крайней мере, на пожизненное заключение в тюрьму. Однако именно его космологические воззрения вызвали его отпадение от церкви; эти воззрения и явились камнем преткновения и для самого Бруно, и для его судей. Его приверженность к ним лишила значения в глазах инквизиции принесенное им отречение и препятствовала ему принести такое отречение, какое инквизиция от него требовала. Таким образом, Бруно в самом деле взошел на костер, как жертва своих научных убеждений, как мученик за дело нового мировоззрения.

Из сказанного видно, что учение Коперника не фигурировало в процессе Бруно в явном виде. Бруно обвинялся за учение о «множественности миров», т. е. за то, что отсутствовало в учении самого Коперника. Но с тех пор для католической церкви стало ясно, что чрезвычайно трудно свести учение Коперника к специально математической, чисто деловой теории, помогающей астрономии в ее практической задаче. Она увидела, что учение Коперника, принятое всерьез, крайне опасно для церкви: оно разрушает все здание геоцентрического (а значит и антропоцентрического) мировоззрения и невольно ведет к еретической идее о множественности миров. Можно поэтому сказать, что процесс Бруно содержал в зародыше процесс Галилея, что Бруно умер за ту же истину, за которую впоследствии страдал Галилей. Недаром осуждению Бруно способствовал главным образом тот же кардинал Роберт Беллармин (в качестве консультанта «конгрегации священного судилища» ему поручено было «исследовать» идеи Бруно), который впоследствии принял на себя главную роль в первом процессе Галилея, закончившемся запрещением учения Коперника.

Бруно был первым философом астрономии, выступившим в качестве последовательного противника антропо-геоцентрического мировоззрения, и его идеи о «вселенной и мирах», несмотря на их осуждение церковью, не могли оказаться совершенно забытыми. Глубоко убежденный в правильности учения Коперника, он считал, что это революционное учение представляло собой для его времени доказанную истину, но это мнение Бруно являлось, разумеется, преждевременным. Окончательному же утверждению этого учения способствовали Кеплер и Галилей, которые работали одновременно и вскоре после казни Бруно. Вся деятельность Кеплера свелась к научному обоснованию новой системы мира, а исследования Галилея привели к наглядному доказательству этой системы.

ХІХ. МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИЕ ОТКРЫТИЯ

Долгое время после Коперника «правоверная» птолемеева система попрежнему преподавалась в университетах и поддерживалась церковью. Например, астроном Местлин (1550—1631), учитель Кеплера, был сторонником



Фиг. 38. Галилео Галилей.

учения Коперника (он, между прочим, совершенно правильно объяснил «пепельный свет» Луны тем, что на Луну попадает отраженный Землею солнечный свет), но учить он должен был по системе Птолемея.

Сильнейший удар физике Аристотеля и астрономии Птолемея нанес гениальный коперниканец Галилео Галилей, отнесенный И. В. Сталиным к числу тех «мужественных людей, которые умели ломать старое и создавать новое, несмотря ни на какие препятствия, вопреки всему». Галилей родился в 1564 г. в Пизе в семье обедневшего, но довольно культурного дворянина и с ранних лет удивлял окружающих не только своей изобретательностью и любознательностью, но и самостоятельностью мышления. Отец предназначал его для «выгодного дела» — торговли сукном; но, видя исключительные способности сына, отправил его в университет для изучения медицины. Однако

в университете Галилей заинтересовался не медициной, а математикой, физикой и астрономией, и при этом выявил свои необыкновенные дарования, наблюдательность и т. п. В возрасте двадцати пяти лет он стал профессором и очень скоро публично обнаружил свое вольнодумство, смело заявив себя противником целого ряда общепризнанных идей. Осмеивая представителей официальной науки (схоластов), которые занимаются не дальнейшим развитием науки, а пережевыванием старого, он высказал много новых, оригинальных взглядов и правильность этих взглядов стал доказывать при помощи своих собственных опытов и наблюдений.

Уже с ранних пор Галилей (возможно, под влиянием одной речи Местлина) стал сторонником учения Коперника и вместе с тем противником старого, схоластического мировоззрения, основанного на принципах Аристотеля. Дело в том, что, задумавшись над законами падения тел, Галилей опытным путем нашел, что эти законы совершенно противоречат тому, чему учил Аристотель и что все почитали за непреложную истину. До Галилея никто не задавался мыслью проверить, действительно ли все происходит так, как говорил Аристотель, потому что мысль произвести опыт расценивалась как безбожный поступок, так как подвергала сомнению правоту «авторитета». Галилей же оказался настолько смелым, что ставил свое собственное научное убеждение выше самых уважаемых авторитетов, а свои взгляды старался обосновывать собственными наблюдениями и целесообразно продуманными опытами. А увидев, что Аристотель и схоласты ошибаются относительно падения тел, юный Галилей тотчас оповестил об этом ученых и тем нанес удар старой системе физики, возвестив зарождение нового, научного мировоззрения.

Конечно, сторонники старого учения возненавидели Галилея за его неслыханную дерзость, так как они чувствовали, что если они уступят в одном этом пункте, то течение унесет их очень далеко от древних доктрин, старых традиций.

Из письма, написанного Галилеем в 1597 г. своему другу Маццоне, видно, что уже в это время Галилей не только был приверженцем учения Коперника, но и пропагандировал его в узком кругу. А когда в том же 1597 г. Галилей получил в подарок от Кеплера книгу «Космографическая тайна», где Кеплер старался (в данном случае неудачно) дать дальнейшее развитие новой системы мира, Галилей немедленно (4 августа) поблагодарил его следующим письмом: «Я считаю счастьем для себя, что в поисках истины нашел такого союзника, как вы — преданный друг этой самой истины. Действительно, больно видеть, что столь маю

людей стремятся к истине и готовы отказаться от превратных методов философствования. Но здесь не место жаловаться на печальное состояние нашей эпохи, я хочу лишь пожелать вам удачи в ваших замечательных исследованиях, подтверждающих любезную истину. Я прочту вашу книгу до конца, в уверенности найти в ней много прекрасного. Я сделаю это с тем большим удовольствием, что сам уже много лет являюсь приверженцем учения Коперника, и оно уяснило мне причины многих явлений природы, совершенно непонятных с точки зрения общепринятых взглядов. Я собрал множество доводов, опровергающих эти последние, но не решаюсь вынести их на дневной свет из боязни разделить участь нашего учителя Коперника, который хотя и приобрел бессмертную славу в глазах некоторых, но для многих — а дураков на свете много — стал предметом насмешки и презрения. Я, конечно, дерзнул бы опубликовать мои размышления, если бы было больше таких людей, как вы. Но так как этого нет, то я держу себя осторожно».

Кеплер, откликнувшись на это письмо, просил Галилея опубликовать свои аргументы в пользу новой системы мира, но Галилей колебался сделать это, не желая выступить одиночкой, чувствуя, что почва еще не подготовлена. А быть осторожным Галилей имел все основания, потому что всего лишь несколько лет назад Джордано Бруно, вдохновенный защитник учения Коперника, был выдан римской инквизиции, впоследствии пославшей его за смелые идеи о вселивенной на костер.

Представление о движении Земли находилось в резком противоречии с аристотелевой физикой, которая, как мы видели, еще продолжала господствовать и учеными того времени признавалась неоспоримой. Для того чтобы учение Коперника стало окончательно бесспорным достоянием науки, необходимо было сокрушить идеи Аристотеля о движении. Это и было сделано Галилеем, совершившим ряд открытий в области механики.

Дело в том, что, по Аристотелю, всякое тело, предоставленное самому себе, стремится к состоянию покоя. Вследствие этого все предметы, не прикрепленные неразрывно к земной поверхности (летающие птицы, падающие тела и т. д.), должны были бы отставать от земной поверхности, поворачивающейся к востоку, и нам должно было бы казаться, что они летят на запад. Как мы уже видели, это возражение против движения Земли Коперник стремился опровергнуть философскими доводами вроде того, что все, имеющее одинаковую с Землей природу, должно разделять ее движение. Но только Галилей, также стремившийся разрешить спорный вопрос о вращении Земли, вывел из ряда блестяще сделанных им опытов новые, совре-

иенные законы движения, которые окончательно опровергли «законы» Аристотеля.

Он открыл один из важнейших принципов механики, закон инерции, согласно которому тела, предоставленные самим себе, не стремятся к состоянию покоя, а неизменно сохраняют присущее им движение. Поэтому становится понятным то обстоятельство, что облака, вообще атмосфера, летающие в ней птицы и свободные предметы на поверхности Земли не обнаруживают тенденции отставать от нее в ее движении к востоку, не оказывающем на них ни малейшего влияния. Именно, оно вполне аналогично с фактом, что мухи, летающие в каюте корабля, и находящиеся в нем свободные предметы не подвергаются влиянию равномерного движения судна (хотя неправильные движения его и толчки отзываются на них). Таким образом раз навсегда было опровергнуто главное «физическое» возражение против вращения Земли; ибо стало ясно, что все окружающие нас земные тела должны сами по себе сохранить движение, присущее им как частям земной поверхности.

Решающее значение в деле утверждения учения Коперника имели замечательные астрономические открытия, произведенные Галилеем при помощи изготовленной им зрительной трубы. Они были описаны в выпущенном Галилеем в марте 1610 г. «Звездном вестнике» и вызвали буквально ошеломляющее впечатление, невиданный интерес и крайнее удивление, потому что очень убедительно и наглядно говорили в пользу нового представления о мире.¹ Изобретение зрительной трубы, или телескопа, чрезвычайно расширило пределы физического зрения человека и поэтому наука о небе сразу сделала такой скачок, какого ни разу не делала ни прежде, ни после. А в результате был нанесен весьма чувствительный удар вере в непогрешимость древних авторитетов, так как стало ясно, что и новое время может создать немало такого, что имеет большое значение и чего древность не могла, однако, изобрести.

Это обстоятельство явилось крайне неприятной неожиданностью для влиятельных врагов учения Коперника, не

¹ Чтобы привлечь внимание читателя к своим открытиям, Галилей нарочно дал книге следующее длинное (несколько широковещающее, как бы рекламное) название: «Звездный вестник, возвещающий их великие и в высшей степени удивительные зрелища и предающий их вниманию каждого, в особенности же философу и астроному, в том виде, в каком они были наблюдаемы Галилео Галилеем и пр. и пр. с помощью недавно изобретенной им зрительной трубы на лике Луны, в бесчисленных неподвижных звездах Млечного пути, в туманных звездах и особенно в четырех обращающихся с изумительной быстротой вокруг Юпитера на неравных расстояниях и с различными периодами планетах, никому до сей поры неизвестных, которые автор совсем недавно открыл первый и решил назвать Медичевыми светилами».

терпевших в качестве рьяных поклонников греко-римской древности какого-либо прогресса человеческого знания. Но факты — упрямая вещь: всем пришлось убедиться в том, что благодаря телескопу астрономия значительно двинулась вперед, так как этот прибор представляет собой нечто новое, о чем Аристотель, Птолемей и другие древние авторитеты не имели решительно никакого представления.



Фиг. 39. Два сохранившихся галилеевских телескопа. Разбитый объектив, которым были открыты четыре спутника Юпитера, вделан в центре рамки из слоновой кости.

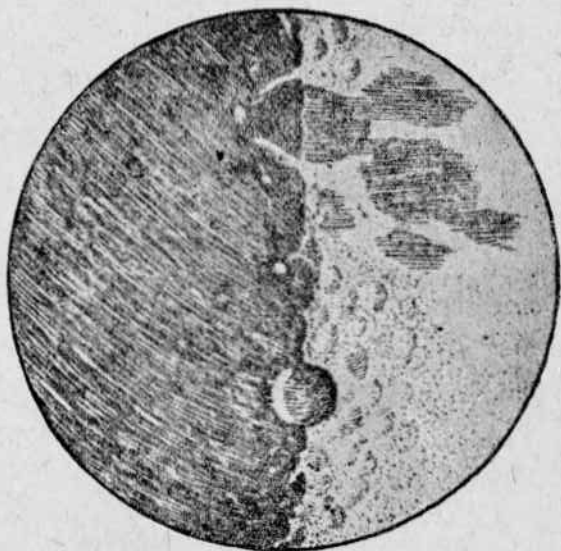
История изобретения зрительной трубы настолько темна, что уже спустя пятьдесят лет после ее первого появления нельзя было указать ближайших обстоятельств, при которых впервые был создан этот замечательный инструмент. Можно лишь допустить, что не позднее первой половины 1608 г. кто-то в Голландии изобрел простую зрительную трубу, которая быстро получила распространение за пределами этой страны.

Но как бы то ни было, важно то, что как только в 1609 г. до слуха Галилея дошел слабый отголосок вести об изобретении какого-то инструмента для «смотрения вдаль», он решил попробовать сам изготовить такой же инструмент и воспользоваться им для изучения неба, для наблюдения далеких светил. Так как он не знал подробностей устройства этого нового инструмента, то собрал различные линзы, или увеличительные стекла, и принялся их комбинировать различным образом. В конце концов ему удалось приспособить

к органной трубе две линзы — одну двояковыпуклую и другую двояковогнутую (или плосковогнутую) — таким образом, что они стали приближать или увеличивать изображения предметов, т. е. у него получилась та трубка, которая и теперь является одной из трубок обыкновенного бинокля.

Когда Галилей путем тщательной шлифовки стекол (что он сделал собственноручно) настолько усовершенствовал трубу, что она давала тридцатикратное увеличение, он стал наблюдать с ее помощью глубины небесного пространства

и увидел там такие вещи, которые до него никому даже и не снились и которые свидетельствовали о правильности учения Коперника. Не прошло и 10 месяцев со времени распространения слуха об изобретении зрительной трубы в Голландии, как Галилей уже сообщил научному миру об удивительных «вещах», и благодаря этому слава о нем распространилась повсюду.



Фиг. 40. Вид лунной поверхности.
Рисунок Галилея в «Звездном вестнике».

Прежде всего Галилей направил свою трубу на Луну, и он сразу увидел, что вид нашего ближайшего небесного соседа полностью опровергает общепринятое многовековое представление Аристотеля и других древних о совершенстве небесных тел. Согласно этому представлению Луна, подобно другим небесным телам, должна быть абсолютно гладка и шарообразна и состоять из эфира, т. е. из наиболее «совершенного» вещества. Галилей же с первого взгляда на Луну нашел, что поверхность нашего спутника так же шероховата, неровна, как и поверхность Земли, что это небесное светило представляет собой темное тело, отражающее солнечный свет. Оказалось, что по своему строению оно имеет много общего с Землей. Представление о резком различии между небесными и земными предметами оказалось лишенным всякого основания. Галилей открыл на Луне массу светлых и темных пятен и в них он совершенно отчетливо видел горы и долины, кратеры и равнины,

причем рассмотрел даже две горных цепи, в общем похожие на земные (он их назвал Альпами и Апенниннами). Больше того: он дал очень остроумный и вместе с тем простой способ определения высот лунных гор по длине отбрасываемых ими теней, и на основании этого способа высоту наиболее высоких гор оценил в семь километров (что довольно близко к истине).

Таким образом Галилей убедился в том, что «Луна не имеет гладкой полированной поверхности, но представляет неровности и возвышения подобно земной поверхности, покрыта огромными горами, глубокими пропастями и обрывами». Тем самым он дал блестящее подтверждение учению Коперника о том, что Земля является лишь одним из небесных тел, что каждая планета представляет собой «небесную землю», т. е. мир, родственная нашей Земле.

Направив свой телескоп в различные участки звездного неба, Галилей убедился в «существовании бесчисленного множества новых, невиданных до сих пор неподвижных звезд, далеко превосходящих численностью те, которые до настоящего времени могли быть видимы невооруженным глазом». Например, в созвездии Плеяд он насчитал 36 звезд, тогда как простому глазу доступно только 6, а те звезды, которых называли «туманными», оказались скоплениями колоссального количества тесно сгруппированных слабых звезд. При этом Галилей обратил внимание на различие планет и неподвижных звезд при наблюдении их в телескоп; именно — планеты вполне отчетливо представляются дисками, резко очерченными кружками («как бы малыми лунами»), а звезды лишь блестящими точками, искрящимися подобно маленькой молнии. Отсюда он сразу сделал весьма важный вывод, что планеты гораздо ближе к нам, нежели звезды, и что планеты, подобно Луне, светят отраженным светом, полученным от Солнца, а звезды, как чрезвычайно отдаленные солнца, обладают самостоятельным светом.

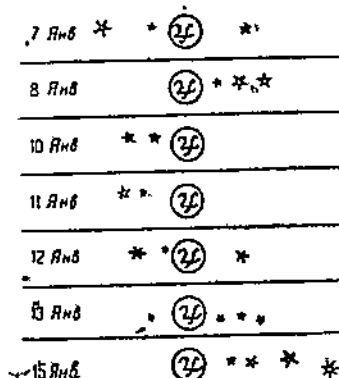
Наблюдая звезды, Галилей не мог не обратить внимания на светлый, серебристый пояс Млечного пути. Он заметил, что телескоп подтверждает догадку материалиста Демокрита о том, что это мириады скученно расположенных, очень удаленных от нас звезд. «Благодаря зрительной трубе, — заявил Галилей, — состав Млечного пути обнаруживался до того ясно, что теперь можно все споры, мучившие философов в продолжение стольких веков, считать разрешенными осязательной очевидностью, освободившею нас от голословных прений: Млечный путь есть не что иное, как тесное собрание бесчисленного множества звезд; в какое бы место Млечного пути ни была направлена труба, везде нам представляется громадное множество звезд; многие до-

вольно велики и явственно видимы, а с ними необозримое множество мельчайших».

7 января 1610 г. Галилей приступил к регулярным телескопическим обследованиям неба и таким образом положил начало новой, телескопической астрономии. В этот же памятный для истории науки вечер Галилей сделал чрезвычайно сенсационное открытие, которое явилось одним из наиболее важных и наглядных доказательств учения Коперника. Направив телескоп на Юпитер, он заметил три слабых звездочки, привлечших его внимание своей близостью к планете и расположением — почти на одной прямой линии с нею. В следующие ночи он опять отыскал эти новые светила и убедился в том, что они представляют собой не неподвижные звезды, а движущиеся светила. Оказалось, что они сопровождают Юпитер в его движении, и постоянно меняют как свое взаимное расположение, так и свое положение относительно этой планеты. 13 января Галилей обнаружил четвертое новое светило и в скором времени пришел к несомненному заключению, что «эти четыре светила обращаются вокруг Юпитера подобно тому, как Венера или Меркурий обращаются около Солнца».

Внимательно следя за движением этих новооткрытых светил, Галилей нашел, что периоды их обращения вокруг центральной планеты различны: от 42 часов до 17 суток, причем чем дальше спутник от планеты, тем больше период его обращения. Галилей также открыл, что спутники проходят порой перед планетой, порой позади нее и вследствие этого иногда бросают на нее свою тень или же попадают в ее тень, затмеваются. Галилей неоднократно наблюдал затмения этих небесных тел настолько ясно, что мог убедиться в том, что эти светила вполне аналогичны нашему земному спутнику и, следовательно, являются лунами Юпитера.

Открытие спутников Юпитера было весьма важным событием в астрономии, так как оно свидетельствовало об ошибочности старого представления, что Земля — единственный центр движения во вселенной, и явилось серьезным косвенным доказательством коперниковой системы мира.



Фиг. 41. Открытие Галилеем спутников Юпитера. Видно положение спутников относительно планеты 7, 8, 10, 11, 12, 13 и 15 января 1610 г.

Мир Юпитера оказался уменьшенным подобием солнечной системы, причем это подобие усиливалось тем, что величина спутников по сравнению с Юпитером соответствует отношению размеров планет к Солнцу. Наконец, благодаря открытию спутников Юпитера наша Земля перестала быть единственной планетой, постоянно сопровождаемой спутником, и лишилась таким образом своей последней привилегии. Уже нельзя было говорить об исключительном положении Земли среди других небесных тел: в отношении лун Юпитер оказался гораздо богаче Земли.

Поэтому Галилей, который в полной мере оценил важное значение открытия спутников Юпитера для учения Коперника, сказал: «Ныне мы имеем очевидный довод, чтобы рассеять сомнения тех, кои, склоняясь допустить, что планеты обращаются вокруг Солнца, смущаются, однако, каким образом Луна несется вокруг Земли и в то же время совершает вместе с нею годичный круг около Солнца... Мы теперь знаем, что есть планеты, обращающиеся одна около другой и в то же время несущиеся вместе вокруг Солнца».

Свои астрономические открытия, поистине ослепившие современников, Галилей изложил в марте 1610 г. в упомянутой книге, которая разошлась в течение нескольких дней и тотчас же была перепечатана в разных странах. Но не прошло и нескольких месяцев, как Галилей сделал еще два особо важных открытия, касавшиеся Венеры и Солнца. В сентябре 1610 г. Галилей открыл, что Венера изменяет свой вид наподобие Луны, что она имеет различные фазы от узкого серпа до полного диска, а вскоре после этого, в конце того же года, он заметил, что на Солнце имеются пятна. Таким образом 1610 г. был годом беспримерных успехов науки о небе.

Открытие фаз Венеры явилось результатом научного предвидения, основанного непосредственно на учении Коперника, и поэтому Галилей говорил: «Я увидел глазом то, в чем мой разум не сомневался и раньше». В самом деле, для Коперника было вполне ясно, что если планеты Венера и Меркурий действительно обращаются вокруг Солнца и являются темными телами, подобными Луне и Земле, то они должны обнаруживать такое же изменение фаз, как и Луна. То обстоятельство, что этих фаз не наблюдалось, рассматривалось противниками Коперника не как следствие слабости нашего зрения, а как доказательство того, что планеты не являются небесными землями, что они не обращаются вокруг Солнца и имеют свой собственный свет, а не светят отраженным светом. Но Галилей был убежден в правильности учения Коперника и поэтому он направил свой телескоп на Венеру с целью проследить за изменением ее фаз. Наблюдения его показали, что Венера, блеск кото-

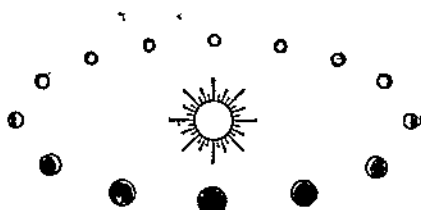
рой и для простого глаза чрезвычайно изменчив, в телескопе совершенно ясно представляется в различных фазах, подобно нашему спутнику. Поэтому Галилей свое открытие записал: «Мать любви подражает фигурам Луны».

Это открытие произвело в научном мире впечатление разорвавшейся бомбы. Оно было решительным ударом для противников Коперника, так как оно разбило одно из важнейших возражений против новой системы мира и показало, что для старой системы не остается больше места в науке. Если бы Венера двигалась в согласии с системой Птолемея и не была бы темным телом, то она никогда не могла бы представляться серпом.

Под влиянием этого триумфа учения Коперника высокообразованный Кастелли, один из ближайших друзей Галилея, писал: «Это

должно убедить самых закоренелых упрямцев». Но более опытный Галилей 30 декабря 1610 г. ему совершенно правильно ответил: «Вы чуть не насмешили меня уверенностью; что эти ясные наблюдения в состоянии убедить отъявленных упрямцев; вам, кажется, еще неизвестно, что спокон веков наблюдения были достаточно убедительны для тех, кто способен был рассуждать и желал узнать истину, но чтобы переубедить упряма и тех, кто ничем не интересуется вне сферы грошевых похвал бессмысленной черни, недостаточно даже свидетельства звезд, если бы они сошли на Землю и стали говорить за себя. Будем поэтому стараться приобретать знания для самих себя и останемся при этом утешении; но оставим надежду и желание вырасти в глазах общественного мнения или добиться соглашения с книжными философами».

Несмотря на это Галилей не обнаружил желания замкнуться в себе и пренебречь мнением окружающих, хотя он не спешил с обнародованием своего нового открытия. А обнародовав это открытие, он не скрыл того, что является поборником и защитником учения Коперника и что фазы Венеры блестяще подтверждают правильность этого учения. Свое рассуждение об этом Галилей закончил словами: «Все это должно для каждого исключить всякую возможность сомнения в вопросе о том, как происходит обращение Венеры, и с абсолютной необходимостью ведет к заключению, что, согласно с положениями пифагорейцев и Коперника, она обращается вокруг Солнца, около которого, как во-



Фиг. 42. Фазы Венеры, напоминающие лунные фазы.

круг центра их обращения, движутся и все другие планеты».

Ряд замечательных телескопических открытий Галилея завершился открытием в конце 1610 г. на Солнце темных пятен, которые беспрерывно изменяют как свое положение, так и свою форму и величину, причем они внезапно появляются и исчезают. Вначале Галилей не обратил на эти



Фиг. 43. Солнечные пятна. Рисунки Галилея из его книги о солнечных пятнах.

пятна особого внимания, несмотря на то, что показывал их некоторым друзьям в качестве любопытной вещи. Вследствие этого он не делал формального объявления об этом своем открытии до мая 1612 г., когда выяснилось, что оно было сделано независимо от него другими астрономами (в частности иезуитом Шейнером). Вскоре он сделал ряд новых наблюдений, которые привели его к заключению, что солнечные пятна неразрывно связаны с Солнцем, что они находятся над самой поверхностью Солнца и имеют сходство с облаками. Га-

лилей нашел, что пятна перемещаются по диску Солнца от восточного к западному краю и что эти движения позволяют получить новый довод в пользу учения Коперника. А именно: они свидетельствуют о том, что Солнце, подобно Земле, вращается вокруг своей оси, но это вращение происходит очень медленно, — оно обращается вокруг оси приблизительно раз в месяц.

Все это вызвало большое возбуждение у сторонников старых взглядов, которые вслед за Аристотелем считали, что небесные тела являются олицетворением совершенства, неизменности и нетленности. Негодуя на Галилея, они и слышать не хотели о «позорных» темных пятнах, заявляя, что на свете нет ничего более чистого, чем Солнце, которое создано в качестве светильника мира. И поэтому они прибегали к различным ухищрениям и уверткам, для того чтобы доказать, что лик дневного светила не запятнан, что наблюдаемые пятна не принадлежат солнечной поверхности и что, стало быть, представление о вращении Солнца вокруг оси совершенно неправильно.

Значение многочисленных поразительных телескопических открытий Галилея для доказательства правильности новых коперниковых воззрений на вселенную столь велико, что этот великий ученый справедливо был назван «Колумбом неба». Уже некоторые современники Галилея сравнивали эти открытия с открытием Америки и говорили, что если истекшее столетие по праву гордится открытием новых земель, то это столетие навеки стяжает себе славу открытием новых небес. Сам Галилей говорил, что он «вне себя от удивления», что ему одному удалось «открыть столь великие и оставшиеся до сих пор неизвестными чудеса».

Правда, в то самое время, когда Галилей сделал астрономические открытия, некоторые другие астрономы тоже направили на небо незадолго до того изобретенную в Голландии подзорную трубу. Поэтому солнечные пятна и спутники Юпитера были открыты почти одновременно с Галилеем и независимо от него другими учеными. Однако великие телескопические открытия навсегда останутся неразрывно связанными с именем Галилея, ибо никто не проявил такой энергии и проницательности в телескопических наблюдениях и никто не обнаружил такой независимости ума и ясности мысли при истолковании того, что было обнаружено телескопом, как Галилей. Только Галилей показал, что телескопические открытия опровергают старые авторитеты и являются неотразимыми аргументами в пользу коперниковой системы мира.

Галилею пришлось отчаянно бороться с воззрениями своих противников, которые «исследование» научных вопросов видели лишь в толковании текстов из Аристотеля, Птолемея и других древних писателей.¹ Он нажил себе массу лютых врагов среди схоластов и прочих приверженцев аристотелевой философии. Между прочим Галилей указывал своим противникам, что их методы мышления и выводы были бы несомненно отвергнуты великим Стагири-

¹ О некоторых из своих противников Галилей так писал Кеплеру в письме от 19 августа 1610 г.: «Посмеемся, мой Кеплер, великой глупости людской! Что сказать о первых философах здешней гимназии, которые с каким-то упорством асида, несмотря на тысячекратные приглашения, не хотели даже взглянуть ни на планеты, ни на Луну, ни на телескоп? Поистине, как у того нет ушей, так у этих глаза закрыты для света истины. Замечательно, но меня не дивит. Этот род людей думает, что философия — какая-то книга, как «Энеида» или «Одиссея», истину же надо искать не в мире, не в природе, а в сличении текстов. Почему не могу посмеяться вместе с тобой? Как громко расхохотался бы ты, если бы слышал, что толковал против меня, в присутствии великого герцога Пизанского, первый ученый этой гимназии, как сиделся он логическими аргументами, как бы магическими прельщениями, отозвать и удалить с неба новые планеты!».

том, если бы он был в живых. Галилей понимал значение своих открытий и поэтому в 1612 г. он писал: «Я подозреваю, что астрономические открытия будут сигналом для похорон или вернее для страшного суда над ложной философией».

Богословы, перипатетики и прочие антикоперниканцы или совершенно отрицали телескопические открытия Галилея или же (вслед за иезуитами) всячески старались истолковывать их по-своему. Находились такие, которые отказывались верить собственным глазам и утверждали, что хотя телескоп и годится для земных объектов, но он производит иллюзию, когда смотрим через него на небо (по свидетельству астронома Гевелия, так многие думали еще в 1673 г.). Некоторые богословы объявили даже телескоп «орудием дьявола». Телескоп сделался причиной острой идеологической войны.

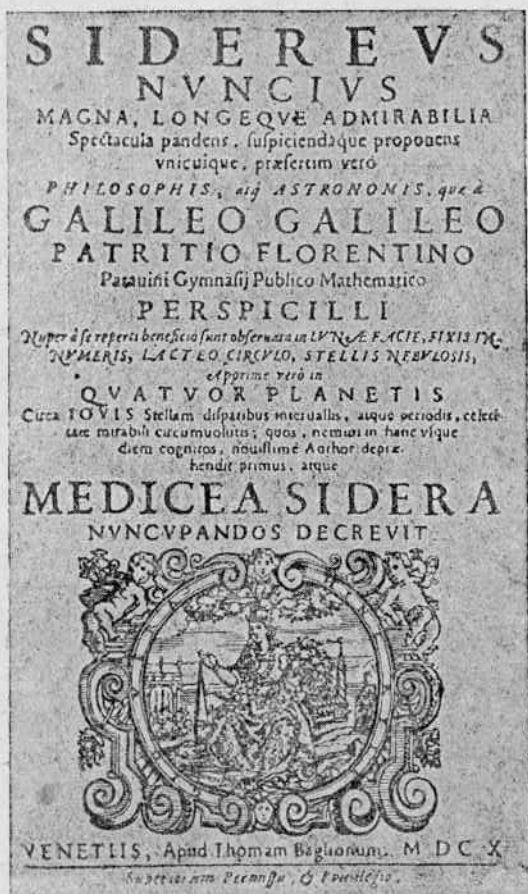
Между прочим, сам Галилей рассказал забавный анекдот о философе Либри, который упрямо отказывался даже взглянуть в трубу, категорически отрицая сообщенные «Звездным вестником» факты. Вскоре после этого случая Либри умер и Галилей, узнав об этом сказал: «Если Либри не пожелал увидеть спутников Юпитера с Земли, надеюсь, он увидит их по дороге на небо».

Мало-помалу врагам Галилея, защищавшим тысячелетние традиции, пришлось признать истинность всех его астрономических открытий. Когда кардинал Беллармин, виднейший член римской инквизиции и цензуры, обратился 19 апреля 1611 г. к математикам «Римской коллегии» (влиятельнейшему центру иезуитизма) с вопросом, «хорошо ли обоснованы», справедливы ли открытия Галилея, — правильно, ли, что поверхность Луны представляет неровности, возвышения и углубления, что около Юпитера движутся четыре звездочки, что Венера имеет фазы, подобные Луне, что Млечный путь есть скопление звезд и т. д., — коллегия вынуждена была официально ответить утвердительно.

При своей поездке в Рим в марте 1611 г. Галилей добился того, что действительность его открытий была признана и даже письменно засвидетельствована теми астрономами римской коллегии (например, Клавиусом, который в 1582 г. провел реформу календаря) и церковными сановниками, которые вначале их отрицали. Кардинал Монти даже писал покровителю Галилея, великому герцогу Козимо: «Открытия Галилея признаны столь же истинными и действительными, как и удивительными для людей, понимающих дело. Я твердо уверен в том, что если бы мы жили в древней римской республике, то не преминули бы воздвигнуть Галилею статую в Капитолии, дабы оказать почет его выдающимся заслугам».

XX. СОПОСТАВЛЕНИЕ ДВУХ ОСНОВНЫХ СИСТЕМ

Еще в 1611 г. друг Галилея, высокообразованный патер Сарпи понимал, что успех Галилея в Риме — признание иезуитами истинности его телескопических открытий — является иллюзорным, так как эти открытия блестяще под-



Фиг. 44. Титульный лист книги «Звездный вестник».

тверждают учение Коперника и наносят тяжелый удар церковному авторитету. Сарпи писал: «Я предвижу, что спор вокруг физики и астрономии сведен будет на почву богословия и что, к великому моему огорчению, Галилей вынужден будет отказаться от своего мнения во избежание обвинения в ереси и отлучения от церкви. Нет сомнения,

что придет время, когда люди науки, более просвещенные, будут оплакивать несчастную судьбу Галилея и несправедливость, учиненную против великого человека, но он должен будет все терпеть и не посмеет жаловаться открыто».

Действительно, многочисленные противники Галилея, видя, что все попытки иезуитов по-своему истолковать телескопические открытия были весьма убедительно опровергнуты Галилеем, прибегли к другому способу борьбы с ним. Они решили поставить научные вопросы на теологическую почву и принялись возбуждать против него церковные власти. Стараясь вовлечь Галилея в весьма щекотливый богословский спор, они все свои нападки обратили в одну сторону, а именно, на признание Галилеем учения Коперника. Доказывая, что это учение резко противоречит всему религиозному мировоззрению и что защита этого учения Галилеем чрезвычайно опасна для католической церкви, они добились того, что вопрос об учении Коперника был поставлен папой Павлом V на обсуждение «богословов-цензоров» священной инквизиции. В результате Галилею под угрозой ареста было приказано отказаться от своих коперниковских воззрений, а 5 марта 1616 г. инквизицией были запрещены, как пагубные для христианского вероучения, все сочинения, высказавшиеся в пользу гелиоцентрической системы мира. Между тем в это время система Коперника, в которой были еще некоторые недочеты, уже была возведена Кеплером на высоту вполне обоснованного астрономического учения!

Несмотря на церковное запрещение гелиоцентрического учения, Галилей решился на довольно смелый шаг: он написал большое сочинение под названием «Диалог о двух важнейших системах мира — птолемеевой и коперниковой». Это сочинение было задумано еще в 1610 г. и являлось мастерской сводкой и сопоставлением всех тогдашних доказательств в пользу новой системы мира. Эта блестящая защита учения Коперника отличалась поразительной ясностью и популярностью. Она была написана в форме оживленной беседы на прекрасном итальянском языке и, подобно книгам Бруно, предназначалась для самой широкой публики, интересовавшейся научно-философскими вопросами.

В этом сочинении Галилей вывел трех собеседников: Сальвиати — ревностного сторонника новых воззрений, Симпличио — безусловного поклонника старых взглядов, и Сагредо — жаждущего просветиться нейтрального ученого, играющего роль арбитра, но явно склоняющегося на сторону нового учения о мире. Форму диалога Галилей избрал отчасти из литературных соображений, а еще больше потому, что она давала возможность обойти церковное за-

прещение и защищать коперникову систему мира устами вымышленных лиц, как бы не высказывая собственного мнения. Этой уловкой Галилею удалось получить разрешение цензуры на издание книги и выпустить ее в начале 1632 г. в свет. Но всякий догадливый читатель мог понять, что взгляды Сальвиати, изложенные поразительно ясно и убедительно, выражают точку зрения самого автора.

Касаясь вопроса о суточном движении небосвода, Галилей говорит: «С первого взгляда кажется, что движение это могло быть объяснено столь же движением самой Земли, сколько движением всего остального мира, исключая Земли,— явления будут казаться одинаковыми при общих допущениях». Но Галилей не ограничился этим указанием и доказывал, что для разумного объяснения всех тонкостей наблюдаемых явлений необходимо считать Землю движущимся телом. Галилей обратил внимание на следующее обстоятельство: «Если примем в соображение хотя бы гигантские размеры звездной сферы по сравнению с ничтожной величиной земного шара, содержащегося в этой сфере миллионы раз, и пожелаем представить себе, как велика должна быть скорость движения, при которой в течение суток совершается этот полный оборот вселенной, то мне непонятно, как может кто-либо считать более разумным и правдоподобным допущение, будто вращается небесная сфера, а Земля остается неподвижною... К тому же допущение вращения небесного свода связано с тем осложнением, что приходится допустить, что движение это противоположно собственным, весьма медленным движениям всех планет с запада на восток; наоборот, при допущении движения Земли вокруг своей оси отпадает необходимость принимать подобное противоречие». Поэтому Галилей сравнивает противника суточного вращения Земли с человеком, который, «став на купол для обозрения окрестностей, требует, чтобы вокруг него вращали всю страну, дабы не трудиться ему поворачивать голову». Невероятность вращения небесного свода Галилей видел также в том обстоятельстве, что чем больше сфера вращения, тем больше времени нужно для ее оборота. Действительно, самая далекая из известных тогда планет, Сатурн, совершает свое обращение в 30 лет, Юпитер описывает свою орбиту в 12 лет, Марс — в 2 года, а ближайшее к нам светило, Луна, — в течение одного месяца. То же самое Галилей нашел в системе Юпитера: время обращения самого близкого к планете спутника равно 42 часам, следующего за ним — $3\frac{1}{2}$ дням, третьего спутника — 7 дням, и, наконец, самого отдаленного спутника — 16 дням.

«Если мы припишем Земле 24-часовое движение вокруг своей оси,— рассуждал Галилей,— то и она подойдет под

это общее правило. Но, допустив, что Земля неподвижна, придется сначала перейти от самого кратковременного оборота Луны к все более продолжительным оборотам — к 2-летнему у Марса, 12-летнему у Юпитера, 30-летнему у Сатурна, а затем внезапно к несравненно большей сфере, полный оборот которой должен, однако, происходить лишь в 24 часа. Если же, наоборот, мы примем, что Земля движется, то скорость всех этих вращений сохранит свою последовательность, и мы от самого медленного обращения Сатурна перейдем к вполне неподвижным звездам. Благодаря этому мы избежим затруднения, связанного с колоссальным неравенством в движениях неподвижных звезд: одни из них должны были бы двигаться чрезвычайно быстро по кругам невероятных размеров, а другие весьма медленно по малым кругам, так как одни находятся ближе к небесному полюсу, другие дальше... Наконец, если мы припишем суточное движение небесной сфере, то вместе с тем мы должны приписать ей необыкновенную силу, для того чтобы она могла увлекать с собой бесчисленное множество громаднейших, больших, нежели Земля, неподвижных звезд и планет, в то время как эти последние движутся в противоположном направлении. Таким образом оказалось бы, что единственно лишь маленький земной шар почему-то упрямо и своевольно противится этой страшной силе. Нельзя объяснить, почему Земля, свободно висящая на своем центре, не поддается этому общему круговращению. Ничего подобного указанным затруднениям не возникает, если допустить, что Земля движется и что она, как маленькое по сравнению со вселенной незаметное тело, не может произвести над вселенной никакого насилия».¹

Касаясь «физических» доводов, использованных сторонниками геоцентризма, Галилей показал, что нет никакой необходимости считать, что Земля покоится в центре вселенной. Если мы видим, что все земные тела стремятся к центру Земли, то отсюда вовсе не следует, что они движутся в направлении центра вселенной. Галилей опроверг

¹ Все эти соображения, вложенные Галилеем в уста Сальвиати, встречают следующее возражение Симплицио, весьма характерное для схоластического способа мышления: «Но для бесконечного могущества создателя одинаково легко двигать как всю вселенную, так и Землю или соломинку. Если же могущество его бесконечно, то почему же не проявится ему в большей своей части, нежели в меньшей?» На это Сальвиати отвечает: «Я согласен с тем, что для бесконечной силы все равно, двигать ли сотней тысяч или одной. Но сказанное мною относится не к тому, кто двигает, а к тому, что движется. Что же касается того, что бесконечной силе приличествует более проявиться на большем деле, чем на меньшем, то по сравнению с бесконечностью одна конечная часть несколько не больше другой: неправильно утверждать, что 100 000 есть более крупная часть для бесконечного числа, нежели 20. Словом, если мы принимаем во вни-

ссылку на то, что если Земля вращается, то благодаря центробежной силе она должна сбрасывать со своей поверхности все находящиеся около полюса предметы. Он показал, что в виду сравнительно небольшой скорости вращения Земли центробежная сила даже на экваторе (где она является наибольшей) так мала, что она уничтожается силой тяжести, т. е. действие центробежной силы во много раз меньше силы стремления тел к центру Земли. Вообще Галилей опроверг все тогдашние «физические» аргументы против вращения Земли, причем в его рассуждениях находит более или менее отчетливое выражение понятие инерции, которого не доставало его противникам. Оказалось, что отсутствие этого понятия и придавало видимость убедительности возражениям аристотелианцев против учения Коперника.

Доказательство того, что «Земля находится вне центра планетных движений, а в нем — Солнце», Галилей видел в том факте, что «планеты то приближаются к Земле, то удаляются от нее, и разница расстояния значительна». Например, Венера в ее наибольшем удалении в 6 раз дальше от нас, чем при ближайшем расстоянии, а Марс в первом случае в 7 раз дальше, чем во втором. Что движение планет Марса, Юпитера и Сатурна происходит именно вокруг Солнца, видно из того, что они ближе всего к Земле находятся в моменты противостояния с Солнцем, а дальше всего — в моменты, когда находятся в одной стороне с ним. Движение же Меркурия и Венеры вокруг Солнца следует из того, что они никогда далеко от него не удаляются и бывают то перед ним, то сзади него, как это явствует из фаз Венеры.

«Но если пути планет имеют центром Солнце, — говорит Галилей, — то настолько же основательнее приписать покой Солнцу, а не Земле, насколько правильнее приписать неподвижность центру вращающихся сфер, чем всякому иному месту. К тому же Земле, помещенной между Венерой, обращающейся в 9 месяцев, и Марсом, совершающим оборот в 2 года, очень подходяще иметь период обращения в один год, предоставив покой Солнцу. Если же так, то необхо-

манные движимые тела и усматриваем в движении Земли явление более простое, нежели в движении вселенной, то, согласно справедливому правилу Аристотеля, «бесцельно применять многое там, где достаточно и малого», суточное движение Земли должно представляться нам гораздо более вероятным, нежели движение всей вселенной и покой Земли». Таким образом, Галилей, по примеру Коперника, иногда пользовался старыми, схоластическими понятиями, для того чтобы прийти к новым, революционным выводам, т. е. он старался разгромить схоластику на ее собственной почве, подобно тому как Коперник разрушил птолемееву систему на основе ее собственных понятий.

димо, чтобы Земля имела и суточное вращение, ибо если бы Солнце было в покое, Земля же имела бы только годичное движение около него, то наш год состоял бы только из одного дня и одной ночи — по шести месяцев тот и другая. Так прекрасно облегчается вселенная от безмерно быстрого 24-часового движения; звездам же, которые суть такие же солнца, и самому Солнцу, предоставляется покой».

Подчеркивая большую простоту коперникова объяснения суточного вращения небесной сферы и планетных движений, Галилей особое внимание обратил на то обстоятельство, что учение о годовом движении Земли прекрасно объясняет запутанные петли в движении планет. Защищая учение о движении Земли вокруг Солнца, Галилей отбрасывает принимаемое Коперником третье движение Земли, в силу которого земная ось неизменно сохраняет параллельное себе движение. Галилей показал, что положение оси вращения и без вмешательства посторонней силы остается постоянным в каждом свободно движущемся теле. Например, если положить деревянный шар на поверхность воды в лохани и двигать этот сосуд, то шар не следует за этими движениями, а сохраняет неизменно свое первоначальное положение относительно стен комнаты. Таким образом Галилей отказался от третьего движения Земли, придуманного Коперником для объяснения смены времен года, и этим внес весьма существенное упрощение в новую систему мира.

До Галилея наблюдатели приписывали неподвижным звездам значительную видимую или угловую величину и поэтому считали их сравнительно близкими к Земле, а вселенную — пространственно ограниченной, замкнутой, не бесконечной. Это вызывало такое затруднение: вследствие годичного движения Земли должно существовать кажущееся перемещение звезд и если принять звезды на таком расстоянии, что это их параллактическое перемещение незаметно, то размеры некоторых из них, по вычислениям Тихо Браге, должны быть по крайней мере порядка земной орбиты. Но Галилей, увидевший звезды впервые через трубу в виде простых световых точек, «отодвинул» эти небесные светила в неизмеримую даль и доказывал, что размеры их равны размерам Солнца и что, следовательно, они являются солнцами. Он указывал, что видимые или угловые величины звезд, определить которые чрезвычайно трудно, в действительности иллюзорны и в значительной степени обусловлены оптическим обманом. Мы введены в заблуждение явлением «иррадиации», в силу которого яркий предмет на темном фоне кажется большим. Отсутствие же у звезд заметного параллакса Галилей совершенно правильно объяснил тем, что звезды удалены от солнечной системы на рас-

стояние, по крайней мере, десяти тысяч радиусов земной орбиты, т. е. средних солнечных расстояний (на самом деле гораздо больше), вследствие чего вызываемое годовым движением Земли смещение звезд крайне ничтожно и ускользает от нашего наблюдения. В связи с этим Галилей указывает, что нет ничего нелепого в том, чтобы в природе существовали такие расстояния, так как вся трудность заключается не в природе, а в силе человеческого воображения.

«Диалог» Галилея имел большое революционное значение и являлся могучим, неопровержимым доказательством истинности коперниковой системы мира и ложности схоластического метода мышления. Недаром Сагредо, подводя результаты телескопических открытий, восклицает: «О, Николай Коперник! Как возрадовался бы ты, если бы мог дожить до новых наблюдений, так блистательно подтверждающих твою мысль!» А Сальвиати к этому добавляет: «Все болезни гнездятся в системе Птолемея, все же лекарства находятся в учении Коперника».

Редко какое другое научное произведение оказало такое влияние на судьбу автора, как это было в случае с «Диалогом». Эта книга вызвала большую сенсацию и имела небывалый успех, но многочисленные враги и завистники великого ученого буквально пришли в состояние бешенства. Не брезгуя никакими средствами, они с ожесточением выступили против Галилея и добились того, что «Диалог», вместе с другими сочинениями, излагающими учение Коперника, был внесен в индекс запрещенных церковью книг, в котором и оставался в течение двух веков. Семидесятилетний Галилей вынужден был предстать в 1633 г. перед судом «святейшей инквизиции» в Риме по обвинению в распространении еретических, запрещенных церковью идей. Перед ним открылись лишь два пути: либо разделить участь Бруно, т. е. быть сожженным на костре, либо же он должен отказаться от дела своей жизни, т. е. в униженной обстановке «отречься» от учения Коперника, как ложного и противоречащего религии.

Измученный болезнью, тюрьмой, угрозой пыток, и придя к заключению, что его мученическая смерть будет бесполезна для науки, для которой он еще надеялся поработать, Галилей подчинился насилию. И он был прав: несмотря на то, что годы, прожитые им после «отречения», были полны горечи, он успел сделать еще ряд важных открытий и выпустить в свет свой великий труд по вопросам механики. Он умер в 1642 г. и до последней минуты оставался пленником инквизиции, но свои научные работы он тайно продолжал даже после того, как ослеп и совершенно одряхлел.

Под влиянием процесса Галилея многие ученые и философы в течение долгого времени не решались открыто высказывать «опасные» мысли. Так, Декарт, написав свое сочинение «О мире», в котором он объяснял движение Земли и других небесных тел на основе законов природы, без всякого сверхъестественного вмешательства, уничтожил рукопись. Свой шаг он объяснил следующим образом в письме к своему другу Мерсену (от 10 января 1634 г.): «Вы без сомнения знаете, что Галилей не так давно наказан инквизицией, и его воззрения о движении Земли осуждены как еретические. Но все то, что я изложил в моей книге, представляет одну цепь, в которой это воззрение о движении Земли образует одно звено; если в строе моей теории есть хотя бы что-либо ложное, то тогда все доказательства неправильны, и, хотя я их считаю очень верными и очевидными, я все-таки не хотел бы ни за какие деньги позволить им колебать авторитет церкви. Я хорошо понимаю, что заключение инквизиции еще не догма, для этого должен собраться собор, но я не настолько влюблен в свои мысли, чтобы для их защиты прибегать к столь необычайному средству. Мое желание направлено к покою, я устроил свою жизнь сообразно моей максиме: «Хорошо жил, кто хорошо спрятался», и намерен продолжать ее так же. Я не чувствую теперь боязни, что в моем сочинении перешел желательную меру познания, и приятное чувство свободы превышает недовольство по поводу времени и труда, потерянных на разработку этого сочинения».¹ Однажды Декарт сказал: «Я имею право держать свои мысли при себе,— мир не хочет иметь моей книги!»

XXI. ЗАВЕРШЕНИЕ КОПЕРНИКОВОЙ СИСТЕМЫ

Мы видели, что Коперник дал систему астрономии, по полноте и математической строгости не уступающую системе Птолемея, но всецело отрицающую представление о неподвижности Земли в центре мира. Однако старая система Птолемея была Коперником не разрушена окончательно, а лишь значительно упрощена (по крайней мере с узко практической, вычислительной точки зрения). Ибо идея, что равномерно-круговое движение — самое «естественное» и «совершенное», и что поэтому небесные тела должны двигаться равномерно по кругам, до того вкоренилась в умах ученых и философов, что никто ни разу не подумал о возможной ошибочности и неосновательности такого воззрения. Придерживаясь классического положения, что все движения небесных тел должны объясняться ком-

¹ Куно Фишер. История новой философии, т. I. Декарт.

бинацией «простейших», равномерных и круговых движений, Коперник не мог совершенно отбросить идею эпициклов. Он считал, что отклонения от равномерного кругового движения планет (включая Землю) вокруг Солнца должны объясняться системой эксцентриков и эпициклов. Эти отклонения были, однако, весьма различны для различных планет; например, они очень малы для Венеры, сравнительно велики для Марса и еще более велики для Меркурия. Таблицы, вычисленные Рейнгольдом по Копернику, вскоре стали предсказывать небесные движения с большими погрешностями: в 5° для Марса и даже в 10° для Меркурия. А это, конечно, указывало на то, что некоторые принципы, на которых были построены эти таблицы, ложны, что истинную форму орбит небесных тел еще следует установить.

Таким образом дальнейшим шагом в системе Коперника должно было быть определение непосредственно путем наблюдений путей небесных тел, а для этого нужно было повысить точность наблюдений. Как мы видели, это и было сделано одним из самых замечательных наблюдателей, родившихся через три года после смерти Коперника, а именно — Тихо Браге. К концу жизни последнего в число его сотрудников вступил горячий сторонник гелиоцентрической системы мира, гениальный теоретик астрономии Кеплер, который взялся за разработку многочисленных наблюдений Тихо Браге и в конце концов почувствовал необходимость отказаться от постулата равномерно-кругового движения.

Иоганн Кеплер родился в 1571 г., т. е. через 28 лет после смерти Коперника, в полуразрушенном сельском домике близ города Вейля (в Вюртенберге). На шестом году жизни мать, совершенно неграмотная женщина, отдала мальчика в школу, но вскоре отец, содержавший трактир, взял его из школы, так как ему нужен был прислужник. Отцу пришлось вскоре закрыть свое заведение и он отправился солдатом на войну, где и пропал без вести, а мать впала в нищету. Мальчик нанялся полевым работником, но вынужден был бросить ее, так как был слаб и не годился к физическому труду. Его удалось пристроить на казенный счет в монастырскую школу, где он проявил замечательное трудолюбие и блестящие способности.

Окончив эту школу, Кеплер поступил в университет с намерением подготовиться к духовному званию. Но вскоре он забросил изучение богословия и стал увлекаться астрономией. Интерес к этой науке особенно усилился у него с тех пор, как (благодаря своему учителю коперниканцу Местлину) он ознакомился с учением Коперника. Уже 23 лет Кеплер получил профессию и с тех пор всё свое время посвятил астрономическим исследованиям, стремясь развить и укрепить гелиоцентрическую систему мира. Но его

работа протекала в исключительно тяжелых условиях, вся его жизнь была сплошной цепью различных бедствий.

Кеплеру пришлось составлять гороскопы, т. е. заниматься звездочетством, несмотря на то, что он прекрасно знал цену астрологическим гаданиям. Неоднократно подвергался он преследованиям со стороны церкви (как католической, так и протестантской), и это вынуждало его бес-



Фиг. 45. Иоганн Кеплер.

престанно переселяться из города в город, часто без надежды на заработок. Его мать подверглась обвинению в колдовстве, и ему пришлось потратить немало времени и сил, чтобы спасти ее от сожжения на костре. Разразившаяся тридцатилетняя война привела к тому, что он за свою службу нередко ничего не получал, и он с семьей влачил нищенское существование. Кеплер неоднократно жаловался, что он принужден тратить больше времени на исходатайствование следовавших ему по праву денег, чем на научные работы. Дело дошло до того, что он решил отправиться в далекое путешествие, чтобы лично выхлопотать у парламента уплату своего жалованья; большую часть путешествия он совершил верхом и в плохую погоду, и это окончательно подорвало его силы и свело в могилу. Требовались исключительное мужество и необыкновенная

любовь к науке, чтобы в таких тяжелых условиях сделать для астрономии то, что сделал Кеплер.

Приступив к обработке оставленного Тихо Браге колоссального наблюдательного материала, Кеплер не только понял, что нужно найти какие-то другие геометрические законы, на основании которых можно было бы гораздо точнее определять положение планет, но с поразительной настойчивостью и неуклонностью искал эти законы и нашел их. Эти законы справедливо носят название кеплеровских; они раз навсегда отбросили деференты, эксцентрические круги и эпициклы, так что системе Птолемея был нанесен последний, окончательный удар.

Галилей в своем «Диалоге» избегал вопроса о допущении теорией Коперника абсолютно кругового и равномерного движения небесных тел для объяснения данных астрономических наблюдений. Он лишь указывал, что предположение о годовом движении Земли дает простейшее объяснение запутанного видимого движения планет и устраняет то чудовищное и неуклюжее нагромождение деферентов, эксцентриков и эпициклов, при помощи которых Птолемей пытался объяснить запутанные петли в движениях планет. Что же касается тех тонкостей небесных движений, которые вынудили Коперника оставить в своей системе некоторое число птолемеевых эксцентриков и эпициклов, то Галилей считал это второстепенным в грандиозном учении Коперника.

Галилей отрицал систему Птолемея с ее чрезвычайно запутанным, хаотическим нагромождением различных кругов и очень хотел освободиться от этого нагромождения. Но он не понял, что путь к этому указал его современник и друг Кеплер, опубликовавший еще до выхода «Диалога», две работы, в которых установил свои три закона. Галилей знал об этих законах, но не заметил, что благодаря им новая система мира получила научное, строго математическое обоснование и развитие, так как только эти законы окончательно устранили в новой системе все колеса птолемеевского небесного механизма.

Почему же Галилей игнорировал законы Кеплера, не видел их роли в деле обоснования новой системы мира? Об этом можно судить по следующему замечанию Галилея в 1612 г.: «Не только есть много примеров движения по эпициклам, но и не существует иного рода движения». У него был свой метод борьбы со старым мировоззрением: он стремился разгромить схоластику на ее собственной почве. Вследствие этого он сохранил аристотелевскую «совершенную» форму круга, т. е. в данном случае он оказывался не в состоянии перешагнуть за пределы старого. Галилей однажды заметил: «Я всегда ценил Кеплера за его свободный

и благородный ум, но только мой метод философствования совершенно отличен от его».

Кеплер поставил себе задачу: постичь «архитектуру вселенной», выяснить строение солнечной системы, или, как он выразился, «проследить замысел бога при сотворении мира». Когда Кеплер начал свою научную деятельность, в естествознании господствовали пифагорейские и платоновские умозрения, основанные на понятиях числа и меры, и это направление мысли сказалось не только на первом труде Кеплера, но и на всех других его работах. «Были три вещи,—число, величина и движение небесных тел,—относительно которых я с особенным рвением доискивался, почему они таковы, а не иные»,—впоследствии сказал он о себе. Ему казалось, что система мира должна основываться на математических отношениях, которые полны таинственной гармонии и еще никем не отысканы, но которые в конце концов могут быть отысканы. Взвравшись за отыскание этих гармоний, Кеплер прибегал к самым разнообразным комбинациям фигур и чисел, казавшихся ему способными приблизить его к намеченной цели. Таким образом, под влиянием довольно мистического учения о мировой гармонии, в 1596 г. появилось первое астрономическое сочинение Кеплера «Космографическая тайна», которое было посвящено поискам (как впоследствии показал сам Кеплер, довольно тщетным) простого геометрического отношения между расстояниями планет от Солнца.

Это сочинение Кеплера показало, что он наделен богатой фантазией, что ему присуща склонность к мечтаньям и что он не свободен от ряда чисто мистических идей. Однако, из других сочинений этого великого астронома видно, что под их мистической формой нередко скрывается научное содержание. Тщелкая фантазия Кеплера обычно шла об руку с творческой изобретательностью, и Галилей не заметил этого обстоятельства. Вся важность законов Кеплера была понята только по истечении 60 лет, когда Ньютон сделал из них выводы, приведшие его к установлению закона всемирного тяготения.

Осторожный Тихо Браге, прочитав «Космографическую тайну», отвлек Кеплера от увлечения фантастическими обобщениями, аналогиями и т. п. Он дал ему совет «оставив отвлеченные априорные выводы, направить ум на изучение и вычисление наблюдений, чтобы, освоившись с этой первой ступенью, потом уже восходить к причинам». Но пламенное воображение Кеплера не мешало ему строго испытывать и точно проверять свои выводы. Важно было то, что с бесконечной настойчивостью он подвергал свои предположения проверке и испытанию, безжалостно отмечая все неоправдавшееся и достигая истины. Словом, в ме-

тоде Кеплера, в том, как испытывал он свои соображения и гипотезы, как добивался истины, виден новый дух исследования, чувствуется пытливая работа творческого ума.

Именно по этой причине никто не знал лучше Кеплера, какое важное значение имеют наблюдения Тихо Браге для проверки различных астрономических идей, и в особенности для определения истинного вида планетных орбит. Поэтому Кеплер мечтал о том, чтобы получить эти наблюдения для обработки, и написал об этом Тихо Браге, который немедленно ответил: «Приезжайте, и не как чужой, а как желанный и любезный мне друг; приезжайте, и я с удовольствием поделюсь с вами своими наблюдениями и инструментами». Вскоре после этого визита Тихо Браге снова писал Кеплеру, предлагая ему место в качестве своего ассистента по вычислительной работе, и в начале 1600 г. Кеплер принял это предложение. К сожалению, совместная деятельность этих двух выдающихся астрономов продолжалась недолго, так как в конце 1601 г. Тихо Браге внезапно заболел и скончался.

Впоследствии Кеплер писал: «Я считаю предначертанием providения, что при моем прибытии производилось как раз исследование движений Марса. Либо движения этой планеты помогут нам проникнуть в тайны астрономии, либо мы навсегда останемся невеждами в ней». В то время Тихо Браге готовил новые планетные таблицы, которые должны были быть точнее всех старых, и в связи с этим ему пришлось приняться за определение действительной формы планетных орбит, т. е. за решение такой задачи, которая должна была привести к реформе, преобразованию всей астрономической науки. Для Тихо Браге было ясно, что решить эту задачу всего вернее путем изучения движения той планеты, которая обнаруживала наибольшие отклонения от кругового движения и поэтому издавна представляла наибольшие затруднения для астрономов. Меркурия пришлось отбросить, несмотря на то, что орбита этой планеты более всего уклоняется от окружности, так как эту планету очень трудно наблюдать. Зато Тихо Браге в промежуток времени около 20 лет удалось собрать массу систематических наблюдений над Марсом, которые простирались на всю орбиту планеты. Они охватывали более десяти полных обращений этой планеты и были сделаны с точностью до нескольких минут, что представляло невиданную до тех пор степень точности.

Все эти наблюдения Тихо Браге передал Кеплеру, поручив ему изучить форму орбиты этой планеты, и этим обнаружил проницательность, которую Кеплер оправдал со всем пылом своего неутомимого усердия. Кеплер работал над этим материалом до тех пор, пока не только открыл

законы, которым подчиняется движение каждой планеты, но и нашел зависимость, связывающую между собой все планеты и превращающую их в общую цельную систему.

Из многочисленных наблюдений Тихо Браге над Марсом Кеплер выбрал ряд противостояний, т. е. случаи, разделенные временем, равным периоду обращения этой планеты вокруг Солнца (1 год 322 дня), и старался установить, не находятся ли эти положения Марса на окружности круга, расположенного эксцентрически по отношению к Солнцу. Многочисленные пробы с различными эксцентриситетами дали отрицательный результат, т. е. не удалось привести в согласие вычисленные положения Марса с наблюдениями. По временам Кеплеру казалось, что, в пределах неизбежных ошибок, наблюдения согласуются с вычислениями, но затем ошибки увеличивались и становились все более и более заметными. В свойственном ему красивом стиле, Кеплер об этом сам говорил: «Пока я, таким образом, торжествовал над Марсом и готовил ему, как побежденному, табличное заключение и уравнильно-эксцентрические основы, неприятель порвал все стеснявшие его цепи вычислений и вырвался из табличной тюрьмы».

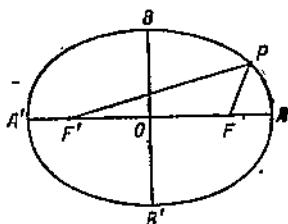
Однажды Кеплеру удалось прийти к такой геометрической схеме, что вычисленные положения Марса расходились с наблюдениями не больше, чем на 8 минут, т. е. на величину, равную лишь $\frac{1}{4}$ видимого поперечника Солнца или Луны. Если бы такое согласие получилось во время Коперника, то результат был бы блестящим, так как этот астроном (как видно из его разговора со своим учеником Ретиком) был бы доволен согласованием наблюдений с вычислениями с точностью до 10 минут. Но Кеплер не удовлетворился этим результатом: как человек чрезвычайно честный, горячо убежденный в необходимости подчинить теорию фактам, когда между ними обнаруживается расхождение, он не довольствовался полученным результатом. Он не считал «непослушные» наблюдения Тихо Браге ошибочными, ибо знал, что на 8 минут этот «добросовестный наблюдатель» ошибиться не мог, так что этой величиной «пренебречь нельзя», — она показывает, что теория заключала в себе ошибку. Поэтому Кеплер снова принялся за работу и впоследствии имел полнейшее право сказать, что эти самые 8 минут привели его к «полному преобразованию астрономии». Действительно, когда он перепробовал другие комбинации кругов, он окончательно убедился в том, что никакая круговая орбита не удовлетворяет наблюдениям положениям планеты. Это был результат, который являлся величайшим научным достижением.

В связи с этим Кеплер решил оставить на время орбиту Марса и предварительно с большой точностью определить

форму орбиты Земли, потому что планету Марс мы видим с Земли, которая сама всегда находится в движении. При помощи чрезвычайно остроумного приема Кеплер показал, что Земля, находясь ближе к Солнцу, движется быстрее, чем тогда, когда она находится дальше от него, т. е. скорость ее неравномерна, различна в разных точках ее орбиты. Кеплеру удалось установить, что эти скорости находятся в таком отношении, что площади, ограниченные дугой, которую планета проходит в единицу времени (например, в сутки), и радиусами, проведенными от Солнца к концам этой дуги, равны между собой, в какой бы части орбиты они не находились. Таким образом Кеплер окончательно опроверг традиционное, двухтысячелетнее положение о том, что движение планет совершенно равномерно, что только равномерное движение «приличествует» небесным телам.

При помощи этого закона Кеплер вычислил таблицу расстояний от Земли до Солнца для любого дня в году. Затем он перешел к Марсу и опять вернулся к вопросу о том, какова именно форма орбиты этой, неподдававшейся вычислениям астрономов, планеты. С этой целью он определил расстояние Марса от Солнца на разных точках ее пути вокруг Солнца и попробовал разместить найденные расстояния на какой-нибудь кривой замкнутой линии, которая бы и представляла собой истинную орбиту этой планеты. Испробовав различные эксцентрические круги, Кеплер опять убедился в том, что Марс движется не по кругу, что с боков орбита этой планеты несколько уже и поэтому он решился испробовать для вычислений овальную линию.

Есть много видов овала, и некоторые из них (в том числе и яйцеобразный овал, с одного конца более широкий, чем с другого) он испробовал; в результате оказалось, что они отвечают цели лучше кругов, но все-таки не вполне. Хотя эта неудача доставила Кеплеру столько мучений, что он боялся даже лишиться рассудка, он продолжал создавать гипотезу за гипотезой, вычислять результаты каждой из них и сверять их с наблюдениями. Наконец, после семидесяти вариантов сложнейших вычислений, сделанных Кеплером над движением Марса, ему пришлось в голову попробовать положить в основу вычислений спе-



Фиг. 446. Эллипс — кривая, характеризующаяся тем, что для любой ее точки сумма расстояний FP и $F'P$ — одна и та же. F и F' — фокусы эллипса FP и $F'P$ — радиусы-векторы, AA' — большая ось. BB' — малая ось.

диальный род овальной кривой, которая получается от пересечения конуса плоскостью, непараллельной основанию, а именно — эллипс. Это был очень смелый шаг, тем более, что с эллипсом мало кто был знаком в эпоху Кеплера (хотя эту кривую изучали еще древнегреческие геометры), так как она не имела тогда почти никакого применения и представляла интерес только для «чистой» математики.

Если в круге все точки окружности находятся на одинаковом расстоянии от центра, то в эллипсе, который отличается от круга некоторой растянутостью, овальностью, такой точки нет. Но внутри эллипса есть две точки, обладающие замечательным свойством: сумма двух линий, соединяющих эти точки с любой точкой окружности эллипса, всегда одинакова и равна большей оси (т. е. наибольшему диаметру) эллипса. Эти две точки называются фокусами эллипса, а всякая прямая линия, соединяющая фокус с любой точкой окружности эллипса, названа радиусом-вектором. Разделив расстояние между фокусами на длину большей оси, мы получим отношение, которое называется эксцентриситетом. Чем большим эксцентриситетом обладает эллипс, т. е. чем больше расстояния между фокусами при одной и той же длине большей оси, тем более он вытянут. Наоборот, с уменьшением эксцентриситета эллипс делается все менее и менее вытянутым, и когда эксцентриситет становится нулем, эллипс превращается в круг.

Но прежде чем окончательно сделать вывод, что планета Марс движется вокруг Солнца по эллипсу, Кеплер должен был узнать, удовлетворяет ли эта кривая открытому им закону изменения скорости движения планеты в различных частях ее орбиты, т. е. оправдывается ли для нее равенство площадей. К невыразимому своему удовольствию Кеплер довольно скоро убедился в том, что эллипс вполне соответствует условиям задачи, если поместить Солнце в одном из фокусов эллипса, описываемого Марсом. Оказалось, что Марс быстрее движется вблизи Солнца, а медленнее в отдалении, таким образом, что площади, описываемые линией, соединяющей Солнце с Марсом, т. е. радиусом-вектором, всегда пропорциональны временам. Так Кеплер, наконец, добился того, к чему столько лет стремился: оказалось, что вычисленные положения планеты вполне согласуются с наблюдениями Тихо Браге без значительных погрешностей.

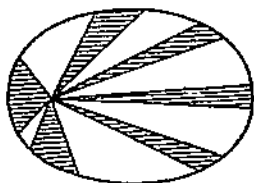
Таким образом для Марса найдено было два важных закона, известных под названием двух первых законов Кеплера. Первый закон определяет форму орбиты и гласит: планета описывает эллипс, в одном из фокусов которого находится Солнце. Второй закон определяет скорость движения в разных частях орбиты и

гласит: прямая линия, соединяющая планету с Солнцем, т. е. радиус-вектор, описывает равные площади в равные промежутки времени. Оба эти закона с вычислениями, приведенными к их открытию, изложены в книге, изданной Кеплером в 1609 г. под названием: «Новая астрономия о движениях планеты Марс по наблюдениям Тихо Браге».

Трудно дать представление о той лестнице усилий, по которой Кеплер добрался до своих великих обобщений — до двух законов, обессмертивших его имя. Уже в 1603 г. Кеплер видел, что орбита Марса представляет собой замкнутую линию, напоминающую эллипс, но до 1608 г. не решался принять это предположение за истину. Впоследствии он рассказывал: «Я, глупый человек, полагал, что планета не должна описывать действительного эллипса». Он не сразу решился поколебать авторитет Птолемея, порвать с круговыми орбитами, и даже допускал, что в течение пятнадцати веков произошли великие перемены в небесном пространстве.

Немного известно открытий, которые до такой степени являлись бы результатом напряженного труда десятилетий, как открытые Кеплером законы движения планет. Кеплер искал эти законы с непоколебимой настойчивостью и бескорыстной любовью к истине, несмотря на то, что его жизнь была сплошной цепью бедствий. Ему пришлось преодолевать нездоровье, бедность, религиозные преследования и многие другие несчастья. В поисках истины он обнаружил не только гениальный ум, но и необычайную силу воли. Недаром, когда Карла Маркса спросили, кого он считает своим «любимым героем», он, наряду со Спартаксом, указал на Кеплера.

Хотя первые два закона планетного движения были вполне установлены только для Марса, Кеплер был убежден, что они имеют силу для всех планет и являются законами их движения. И Кеплер не ошибся: они оказались применимыми для всей солнечной системы, так как дали вполне удовлетворительные результаты в смысле совпадения вычисленных положений планет с наблюдаемыми. Оказалось также, что и положение Земли на ее орбите можно



Фиг. 47. Второй закон Кеплера, называемый «законом площадей». Заштрихованные площади, описанные радиусом-вектором планеты в равные промежутки времени, равны между собой. Ясно видно, что планета движется быстрее (проходит большую часть эллипса), когда находится ближе к Солнцу, помещающемуся в одном из фокусов эллипса (этот эллипс дает сильно преувеличенное изображение орбиты).

вычислить, принимая эту орбиту за эллипс, и если Кеплер не заметил этого при первом вычислении, то это объясняется незначительным эксцентриситетом земной орбиты, т. е. тем, что земную орбиту трудно отличить от круга. Орбита Марса больше земной отличается от круга, и именно поэтому Кеплеру удалось открыть свой первый закон, определяющий истинный вид планетных путей. Вообще же планетные эллипсы очень незначительно отличаются от кругов, но открытие факта, что планеты движутся по эллипсам и с неодинаковой скоростью, было одним из величайших астрономических достижений.

Благодаря кеплеровым законам астрономия получила прочную теоретическую базу и навсегда освободилась от всех усложнений с эпициклами, деферентами и эксцентриками. Форма орбиты планет и закон их движения были выведены Кеплером непосредственно из наблюдений, эмпирически, а потому в разложении их на простейшие, заранее принятые формы не было уже никакой необходимости. На место придуманных древними геометрических схем были поставлены действительные пути небесных тел.

Кеплер при помощи своих двух законов окончательно объяснил так называемое первое неравенство в движении планет и тем завершил развитие системы Коперника. Из этих законов видно, что это неравенство не есть кажущееся явление (как это думали Птолемей, Коперник и др.), ибо планеты движутся по эллиптическим орбитам и вследствие этого в действительности в различных точках своего пути имеют различные скорости. А благодаря этому стало возможным очень точно заранее определить местонахождение той или иной планеты и видимый путь, который она должна описывать на небе. Для этого приходится для каждого данного момента найти место планеты на ее эллиптической орбите так, как оно видно с центра Солнца, а затем, зная положение планеты относительно Солнца, вычислить положение планеты так, как оно рассматривается с Земли. Кеплер, основываясь на своих наблюдениях и в особенности на наблюдениях Тихо Браге, составил и опубликовал в 1627 г. новые таблицы движения планет, которые своей точностью превосходили все прежние таблицы и таким образом явились достойным венцом его великой астрономической деятельности.

Вышеупомянутые два закона, определяющие форму планетных орбит и скорость движения планет в каждой точке орбиты, относятся к каждой планете в отдельности. Но после того как Кеплер открыл эти законы, у него усилилась уверенность в существовании еще одного, какого-то высшего закона, объединяющего органически все планет-

ные орбиты, т. е. обуславливающего внутреннюю связь между различными частями солнечной системы.

Прежде всего Кеплер окончательно установил, что чем дальше планета от Солнца, тем медленнее она движется. Поэтому Кеплер не сомневался в том, что имеется некоторая зависимость между расстояниями от Солнца и временами обращения. Пытаясь открыть эту связь, он всячески комбинировал величины, касающиеся размеров орбит различных планет и времен их обращения вокруг Солнца. Но какие комбинации этих величин Кеплер не придумывал, он не мог получить простой зависимости, строгого соотношения между ними. Наконец, после десятилетних усиленных работ, 15 мая 1618 г. Кеплеру пришла счастливая мысль возвысить в различные степени времена обращения планет и их средние расстояния от Солнца и сравнить полученные величины. И тут он сам был поражен удачей: ему открылось то, что он давно ожидал, — оказалось, что между временами обращения и расстояниями двух планет существует определенная зависимость.

Оказалось, что если числа, выражающие средние расстояния планет от Солнца, повторим три раза множителями, а периоды обращения возведем в квадрат, то отношение полученных величин для каждой планеты будет одинаково. Впоследствии сам Кеплер рассказывал: «Отношение это представляло такое совпадение с моей семнадцатилетней работой над наблюдениями Тихо, что сперва я думал, не грежу ли я, не принял ли я искомое за данное». Теперь это простое соотношение, связывающее все планеты в одну систему, известно под именем третьего закона Кеплера и играет весьма важную роль в астрономии. Этот закон гласит: квадраты времен обращения планет вокруг Солнца относятся между собой, как кубы средних расстояний планет от Солнца.

За средние расстояния планет от Солнца Кеплер принял большие полуоси планетных эллипсов, т. е. половины наибольших диаметров их орбит. У Кеплера для всех планет единицей расстояния служило среднее расстояние Земли от Солнца, так что точное определение этого расстояния получило весьма важное, кардинальное значение. Кеплер не знал еще абсолютной величины этого расстояния и поэтому не мог выразить размеров планетной системы в земных мерах, т. е. истинные размеры этой системы для него оставались неизвестными. В своих вычислениях он принимал половину наибольшего диаметра (большой оси) земной орбиты за единицу и получил, следовательно, только относительные величины расстояний планет. Он знал «план» солнечной системы, но не знал «масштаба» этого плана, т. е. его числа только показывали, во сколько раз та или иная

планета дальше от Солнца или ближе к Солнцу, чем Земля.

Что же касается времен обращения различных планет вокруг Солнца, то Кеплер в целях наибольшего удобства за единицу принял период обращения Земли, т. е. год. Таким образом из третьего закона Кеплера следует, что если, например, время обращения планеты равно 27 годам, то расстояние ее от Солнца в 9 раз больше расстояния Земли от Солнца, так как $1^3 : 27^3 = 1 : 27^3 = 1^3 : 9^3$. А такое именно соотношение наблюдается приблизительно у Сатурна: период обращения этой планеты равен неполным 30 годам, а расстояние от Солнца в 9 раз с небольшим больше радиуса (большой полуоси) земной орбиты.

Следовательно, если известно время обращения какой-нибудь планеты, то по нему можно найти ее среднее расстояние, принимая за единицу большой радиус (полуось) земной орбиты. Кеплер открыл, что его третий закон прилагается не только к планетам, но и к движению четырех спутников Юпитера, которые были наблюдаемы Галилеем и некоторыми другими астрономами.

Работы Тихо Браге, Кеплера и Галилея, приведшие к падению старого учения о мире и к укреплению нового, имели огромное значение не только для науки о небе, но и для всего естествознания. Хотя эти ученые по условиям того времени не сумели полностью порвать со всеми старыми воззрениями, в их лице мы имеем первых естествоиспытателей в современном смысле этого слова. Тщательное наблюдение, строгий опыт и серьезная математическая обработка полученного материала сознательно применялись ими к исследованию природы и тем наносили тяжелые удары всему зданию схоластики и богословия.

XXII. ПОИСКИ ДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ СВЕТИЛ

Свои законы движения планет Кеплер нашел, исследуя хаотическую груду наблюдений, не зависимых друг от друга, не объединенных ни общей идеей, ни единым принципом. Они дали вполне ясное представление о геометрическом характере планетных движений, но не объясняли физических свойств явления, не вскрыли причины этих движений. Кеплер догадывался, что мир планет есть система, связанная «единой силой», но он не соблазнился распространенным в то время истолкованием законов в духе пифагорейцев, объяснявших явления «гармонией чисел». Он пытался заложить основы небесной механики (по его терминологии — небесной физики), найти физическое объяснение движения планет, найти силу, приводящую планеты в движение вокруг Солнца.

Эту силу Кеплер совершенно правильно видел в притяжении тел и поэтому допускал, что сила притяжения Земли не может ограничиваться телами на земной поверхности, но должна простираться в пространство. Более того, Кеплер считал, что очагом силы, управляющей движением планет вокруг Солнца, является само центральное светило, и это также было совершенно правильно. Из того, что Солнце находится в фокусе орбиты каждой планеты и что скорость планеты и время обращения зависят от расстояния ее до Солнца, он сделал вывод, что сила, которая движет все планеты, исходит от Солнца.

Но в своих рассуждениях об этой силе Кеплер пошел по ложному пути, потому что состояние тогдашней механики не давало ему еще возможности сделать правильные выводы, т. е. найти закон, по которому действует притяжение. Окончательно решить эту проблему удалось только Ньютону, который установил «закон всемирного тяготения» и показал, что законы Кеплера являются следствием свойств тяжести, т. е. той давно известной силы, с которой Земля притягивает тела на ее поверхности.

Птолемея система допускала движения, совершающиеся вокруг геометрических, нематериальных точек (центров эпициклов, эксцентриков и т. д.). Некоторые движения такого рода признавал и Коперник, но он уже считал, что «Солнце управляет вращающимся вокруг него семейством светил», т. е. он признавал какое-то «влияние» или «действие» Солнца на планеты. При этом он даже допускал, что Солнце, планеты и вообще все небесные тела обладают свойством притяжения.

Что же касается Кеплера, то он пошел значительно дальше Коперника и освободил гелиоцентрическую теорию от ее птолемеевских пережитков, так как считал бессмысленным допущение обращения материальных тел вокруг невещественных, математических точек. Кеплерова схема солнечной системы помещала вполне реальное тело. Солнце, в самую важную точку орбит — в один из фокусов эллипса — и одинаково объясняла и движение Луны вокруг Земли и четырех спутников Юпитера вокруг своей планеты. Обращения оказались связанными не с центральной точкой, т. е. не с математической фикцией, но с центральным телом.

Таким образом возник интересный вопрос, не находятся ли движения в какой-нибудь зависимости от центрального тела. Давая положительный ответ на него, Кеплер в своей «Новой астрономии» утверждал, что сила тяжести действует не только на поверхности Земли, но и далеко за пределами земного шара, в космическом пространстве. Впрочем, напоминаем, что уже Коперник правильно полагал, что при-

тяжение представляет собой общее свойство тел, что это качество присуще не только Земле, но и Солнцу, Луне и другим планетам.

Кеплер отвергал старинные теории движения всех тяжелых тел к центру вселенной и, подобно Копернику, считал, что сила тяжести представляет собой стремление однородных тел слиться, соединиться воедино. Но он шел значительно дальше Коперника и указывал, что центр вселенной, как нематериальная, математическая точка, т. е. как фикция, не способен привлекать к себе тела. Всякое материальное тело,—считал он,—именно потому, что оно материальное, способно покониться на любой точке мироздания, если только в этом месте оно находится вне круга действия сродного ему тела. Тяжесть есть стремление тел к соединению, и поэтому камень стремится не к какой-либо точке в пространстве, но притягивается Землей и следует за ее движением. Если два камня перенесены вне сферы действия притяжения третьего тела, то они будут взаимно притягиваться, двигаться друг к другу, пока не соединятся, подобно двум магнитам, причем пройденные ими пути,—пояснял Кеплер,—должны быть обратно пропорциональны их массам.

«Если бы Луна не обращалась вокруг Земли,—писал Кеплер,—то Земля приблизилась бы к Луне на одну пятьдесят четвертую часть отделяющего их расстояния, а Луна подвинулась бы к Земле на остальные пятьдесят три части этого расстояния, и оба тела тогда соединились бы,—все это при предположении, что плотность Земли и Луны одинакова» (так как при одинаковой плотности массы пропорциональны объемам; действительный же объем Земли приблизительно в 50 раз превосходит объем Луны, между тем как плотности их относятся между собой как 1 : 0.6). В связи с этим Кеплер давал довольно правильное объяснение приливов и отливов, уверенный в том, что действие притягательной силы Луны на Землю можно явственно видеть на морях. Все моря излились бы на Луну, если бы Земля их не удерживала; но так как Земля их удерживает, то в том месте, над которым вертикально стоит Луна, образуется на морской воде «гора», обуславливающая морские приливы; эта гора, или волна, следует за движением Луны вокруг Земли, но в конце концов она опаздывает, так как не может сравниться с Луной в скорости.

Наконец, Кеплер подчеркивал, что аристотелевское представление об абсолютной легкости некоторых веществ ложно, потому что нет веществ, стремящихся прочь от Земли,—там, где подобное явление наблюдается, происходит вытеснение более легкого вещества более тяжелым. А отсюда Кеплер сделал вывод: Земля связывает все земные

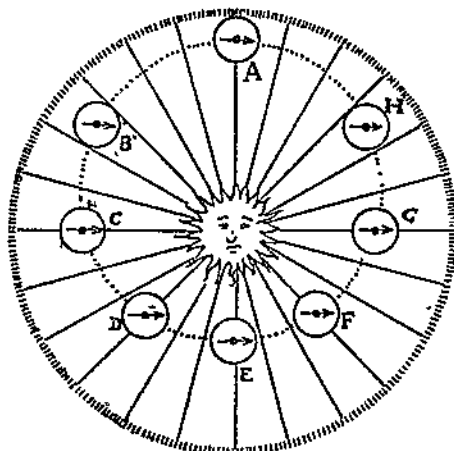
тела и увлекает их с собой при своем ежедневном обращении вокруг оси.

Кеплер знал, что сила света обратно пропорциональна квадрату расстояния освещенного тела от источника света. В своей «Гармонии мира» он в проблеме тяжести пошел настолько далеко, что поставил вопрос, не подчиняется ли ослабление тяжести тому же закону, что ослабление света, и таким образом был уже очень близок к открытию ньютоновского закона всемирного тяготения. Однако Кеплеру не пришла мысль приложить свои представления о тяжести к обращению планет вокруг Солнца, ибо он видел в тяжести только причину взаимной связи в планетной системе, но не причину движения планет вокруг Солнца. Объясняется это тем, что Кеплер не знал закона инерции в его полной формулировке.

Не имея правильной теории движения вообще, Кеплер считал, что материя, из которой состоят планеты, по природе своей инертна («бессильна или неповоротлива», по его выражению), и потому каждая планета постоянно оставалась бы неподвижной, если какой-либо импульс не принуждал бы ее менять положение в пространстве. Кеплер таким образом вполне ясно формулировал статическую сторону закона инерции, т. е. высказал этот закон для состояния покоя, тогда как о динамической стороне этого закона он не имел никакого понятия, т. е. представление об инерции движения и о его бесконечной и неограниченной продолжительности было ему совершенно чуждо. Он не думал о том, что движение небесных тел может быть вызвано присущей им прямолинейной скоростью, так как всецело находился под влиянием древнего представления, что движение должно угаснуть само собой, подобно пламени, если какая-нибудь внешняя сила не будет поддерживать и питать его. Поэтому Кеплер пришел к совершенно ошибочному представлению, будто для движения планет нужна какая-то подталкивающая сила, и их обращение вокруг Солнца происходит под влиянием постоянно повторяющегося толчка.

Кеплер считал, что этот толчок имел своим источником вращение Солнца вокруг оси, причем вращение Солнца он допускал уже в то время, когда это явление еще не было установлено наблюдениями. В настоящее время мы знаем, что движение планет не связано с вращением Солнца вокруг его оси, — можно вообразить, что это вращение могло бы прекратиться под действием внешней силы, не вызвав изменений в движущихся вокруг него планетах. Кеплер не знал этого и думал, что если бы Солнце не вращалось вокруг своей оси, то планеты не могли бы обращаться вокруг Солнца и должны были бы упасть на него.

Он предполагал, что «движущая сила» простирается от Солнца к планетам вместе или наподобие света и тепла и увлекает планеты вокруг Солнца. Что же касается неодинаковой продолжительности периодов обращения планет вокруг Солнца, то в своей книге «Краткое изложение Коперниковой астрономии» Кеплер писал: «Если бы планеты не обладали природным сопротивлением, то нельзя было бы указать причины, почему бы им не следовать в точности вращению Солнца. Но хотя в действительности все планеты



Фиг. 48. Идея Кеплера о тяготении. Диаграмма из «Краткого изложения коперниковой астрономии».

движутся в том же самом направлении, в каком совершается вращение Солнца, скорость их движения неодинакова. А это потому, что они смешивают в известных пропорциях косность своей собственной массы со скоростью своего двигателя».

Свойства магнита внушили Кеплеру мысль, что между Солнцем и планетами действует своеобразная магнитная сила, благодаря которой планеты то притягиваются, то отталкиваются в зависимости от того, какой стороной они обращены

друг к другу. Рассматривая движущую планеты силу Солнца как особую разновидность магнетизма, Кеплер ссылается при этом на знаменитого исследователя магнетизма Гильберта, который рассматривал Землю как большой магнит. По мнению Кеплера, вращение Солнца увлекает за собой планеты, подобно тому, как железо следует за вращаемым магнитом, — отличие лишь в том, что планеты следуют за Солнцем с различной скоростью, соответствующей их тяжести. Во времена Кеплера объяснение всех непонятных явлений магнетизмом имело широкое распространение; Галилей также не отрицал связи между суточным вращением Земли и ее магнитными силами. Характерно, что при помощи подобных представлений некоторые пытались опровергнуть систему Коперника: они показывали, что шар из намагниченного железа отнюдь не способен благодаря магнетизму без конца вращаться вокруг оси, и отсюда делали вывод, что Земля не движется.

Мы видим, таким образом, что хотя в некоторых идеях

Кеплера можно видеть предвосхищение ньютоновского открытия всемирного тяготения, но эти идеи не получили у Кеплера полного развития. Эти идеи не прошли даром, и появление их свидетельствовало о том, что ни в «первый двигатель» Аристотеля — Птолемея, ни в ангелов,двигающих планеты, никто из мыслящих людей уже не верил, — аристотелева философия и старые системы мира не удовлетворяли более.



Фиг. 49. Ренэ Декарт.

Было необходимо найти силу, поддерживающую движение планет. Эту задачу пытался разрешить известный философ Ренэ Декарт (1596—1650) своей сравнительно долго державшейся теорией вихрей. Это учение заняло место аристотелевского учения о мире и сыграло большую роль в истории науки.

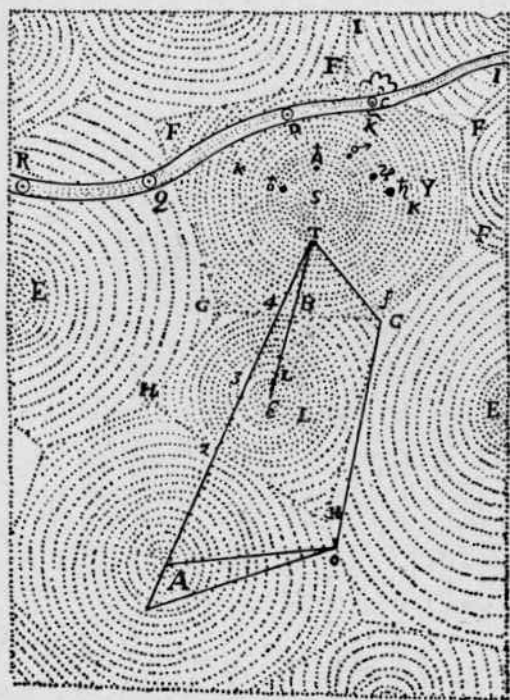
Согласно этой теории, все пространство вселенной заполнено тонким веществом, так называемым мировым эфиром. Вокруг всех небесных тел это вещество находится в вихреобразном движении, напоминающем водоворот. Каждая планета и каждый спутник заключается в своем собственном вихре, который и увлекает небесное тело, как водоворот увлекает соломинку. Планеты движутся вокруг Солнца, а спутники вокруг своих планет потому, что таково движение их вихрей. В тяготении Декарт видел стремление тел к центру каждого вихря. Если движение планеты или

спутника оказывалось не круговым, то это он объяснял столкновением или искривлением вихрей.

Теория Декарта не имела никакого отношения к законам Кеплера (которые, вероятно все же были известны Декарту), но она несомненно была теснейшим образом связана с системой Коперника. Это видно, между прочим, из того, что Декарт назвал эту систему «самой простой и ясной» и отметил, что она «принята теперь почти всеми астрономами, которые видят, что иначе невозможно объяснить совершающихся явлений». Но Декарт знал силу церкви и понимал, что с нею выгодно ладить, и поэтому, когда до него дошла весть о преследовании и отречении Галилея, сделал довольно лицемерный шаг: он попытался использовать свою теорию для того, чтобы формально «отрицать» движение Земли и таким путем создать «компромисс» между старыми и новыми системами мира. Он писал: «Земля находится в покое и не имеет никакого стремления к движению, так как мы ничего подобного в ней не замечаем. Но это не мешает ей уноситься течением неба и следовать его движению, не переставая оставаться в покое, подобно кораблю, который не двигаясь ни ветром, ни веслами, но и не удерживаясь якорями, покоится в водах моря, хотя течение этой громадной массы и уносит его незаметно с нею». Выходило, таким образом, что Земля подобна пассажиру на палубе корабля: она не имеет самостоятельного движения, но, охваченная вихревым движением, вращается и обращается вокруг Солнца, т. е. покоится и в то же время вертится...¹

¹ Эта уловка не спасла, однако, книгу Декарта от запрещения, но все же изложенный лицемерно-компромиссный образ мыслей получил довольно широкое распространение в XVII в., особенно во Франции. Это видно, например, из того, что ученый Рого в 1672 г. сказал о декартовой системе следующее: «Самое удобное или выгодное в этой системе то, что она может удовлетворить и людей благоразумных, и людей мнительных, предоставляя одним свободу думать, как им угодно, и давать какие угодно названия передвижению Земли, и давая понять другим, которые боятся впасть в ошибку, если признают, что Земля движется, что им нечего тревожиться, принимая эту гипотезу, так как в действительности упомянутая система, хотя и признает, что Земля движется, но движение это от нее не зависит. Если движение не что иное, как перемещение тела относительно тел непосредственно его окружающих, то приходится согласиться, что так называемое суточное движение Земли скорее принадлежит массе, состоящей из земли, морей и воздуха, чем собственно Земле, которая пребывает в совершенном покое в то самое время, как ее увлекает поток материи, когда она плавает; о человеке, который спит на плывущем и увлекающем его корабле, тоже говорится, и весьма справедливо, что он находится в покое. Движение, которое привыкли называть годовым движением Земли, тоже несколько не принадлежит Земле,—это движение не принадлежит даже массе, состоящей из земли, воды и воздуха, но принадлежит небесной материи, увлекающей эту массу вокруг Солнца».

Декартово объяснение движения тел солнечной системы неправильно, но оно косвенно содействовало прогрессу астрономии, так как способствовало падению авторитета схоластики и восприятию великих открытий Ньютона, подготовленных как законами Кеплера, так и работами Галилея об инерции и теорией центробежной силы Гюйгенса.



Фиг. 50. Декартова диаграмма вихрей вокруг Солнца и звезд.

Закон инерции и действие центробежной силы вместе с кеплеровыми законами послужили исходными пунктами для тех исследований Ньютона, которые привели его к объяснению всех астрономических явлений одним великим принципом. Ньютон дал исчерпывающий ответ на вопрос, почему все планеты и их спутники двигаются, не по прямой линии, а по замкнутым, почти круговым путям.

Для ученых, живших до Кеплера и Ньютона, этого вопроса не существовало, потому что для них круговые движения небесных тел представлялись понятными сами по себе и не требовали дальнейшего обоснования. А так как наблюдения показывали, что свободные от внешнего воз-

действия движения на Земле, напротив того, являются прямолинейными, то делалось заключение, что небесные движения — нечто совершенно «особенное», не имеющие ничего общего с законами земных явлений. Но с тех пор, как узнали, что Земля есть планета, должна была возникнуть мысль, что в мире планет могут существовать только те законы движения, что и на Земле.

Под влиянием этой мысли Ньютон, опираясь на закон инерции и действие центробежной силы, пришел к заключению, что для возникновения криволинейного и, в частности, эллиптического движения планет, достаточно единственной силы — тяжести, или притяжения. Эта сила противодействует стремлению планеты двигаться прямолинейно и потому тождественна с центростремительной силой, теоретически изученной Гюйгенсом.

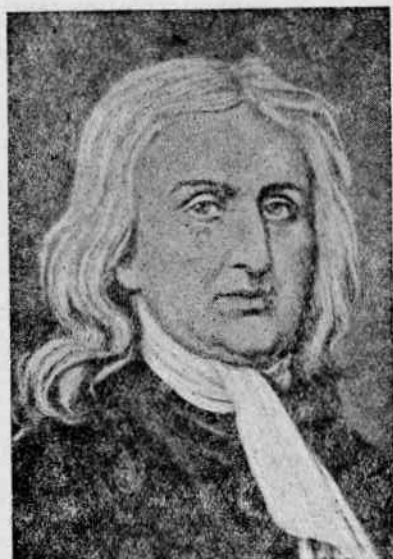
XXIII. ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ

Исаак Ньютон родился в 1643 г., через сто лет после смерти Коперника, в семье фермера, в деревне, расположенной недалеко от английского городка Грантама. Шестнадцати лет он кончил школу и должен был работать в ферме, ибо рано овдовевшая мать нуждалась в его помощи. Но юноша не любил сельскохозяйственных занятий, и когда ему приходилось ездить в город продавать продукты, он предоставлял работнику с фермы вести торговлю, а сам прятался где-нибудь с книгой. Видя, что из него не выйдет фермера, огорченная мать вынуждена была в конце концов отослать его учиться. И семнадцатилетний Ньютон поступил в университет, где он с увлечением стал изучать математику, физику и астрономию.

В 1669 г. Ньютон был назначен профессором математики; в это время он уже был светилом науки. Основные идеи величайших открытий в области математики (исчисления бесконечно малых), физики (теории цветов в связи с разложением белого цвета на различные цвета) и астрономии (закон притяжения различных тел) пришли ему в голову и были отчасти продуманы и разработаны в 1665—1666 гг., т. е. раньше, чем ему исполнилось 24 года. Следует отметить, что одновременно с Ньютоном и совершенно независимо от него теорией планетных движений начали заниматься и некоторые другие ученые — Борелли, Гук, Рен и Галлей. Но хотя эти выдающиеся исследователи высказали ряд правильных соображений о законе изменения притягательной силы, только Ньютону удалось окончательно решить вопрос о причине орбитального движения планет. И это потому, что только Ньютон дал строго ма-

тематическое доказательство того, что солнечное притяжение действительно управляет движением планет и что эта сила тождественна с земной тяжестью.

До исследований Галилея предполагали, что движение может происходить непрерывно, если только его поддерживает какая-то внешняя причина. Галилей опроверг это представление, открыв закон инерции, который лежит в



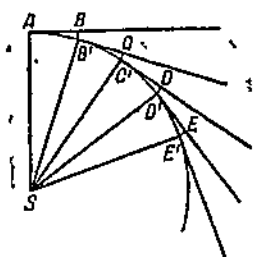
Фиг. 51. Исаак Ньютон.

основе механики: всякое тело, предоставленное самому себе, сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения. Однако у самого Галилея этот закон остался почти без применения, и лишь Ньютон понял его великое значение. Он доказал, что на Земле не может существовать бесконечно продолжительного движения в виду неустранимости трения и сопротивления воздуха, между тем как небесные тела являют собой пример подобного движения.

Ньютон учел произведенное в то время физиком Гюйгенсом (1629—1695) исследование сил, появляющихся при вращении тел. По закону инерции, каждое изменение скорости, как по величине, так и по направлению, обуславливается действием некоторой внешней силы. На этом основании Гюйгенс пришел к заключению, что криволинейное движение тела, привязанного на нитке и описывающего круги, может быть объяснено только присутствием силы,

постоянно отклоняющей тело от прямолинейного пути. Напряжение нити и есть эта отклоняющая сила; ее называют центростремительной силой, так как она направлена к центру кругового движения.

Ньютон показал, что криволинейный путь планеты представляет собой не что иное, как следствие совместного



Фиг. 52. Происхождение кругового движения небесного тела (планеты вокруг Солнца или спутника вокруг планеты). Прямые линии AB, B'C, C'D и т. д. представляют собой путь небесного тела по инерции, если бы не было силы притяжения. Но вследствие притяжения со стороны светила S небесное тело описывает дугу AB', B'C', C'D' и т. д., т. е. падает на величину BB', CC', DD' и т. д. Так как это падение к центральному телу S происходит непрерывно, небесное тело постоянно искривляет свой путь и совершает движение вокруг S

действия инерции движения планеты и отклоняющей силы, тождественной с центростремительной силой Гюйгенса. Согласно закону инерции, планеты, как тела, предоставленные самим себе, должны двигаться прямолинейно и равномерно; но планеты движутся не по прямой, а по кривой линии, по эллипсу, что должно вызываться определенной причиной, каким-то внешним воздействием. Это воздействие должно постоянно, в каждое мгновение, сталкивать планету с прямого пути, непрерывно изменять направление движения планеты, приближать планету к Солнцу и таким образом все время удерживать ее на определенном расстоянии от Солнца, т. е. делать ее путь эллиптическим.

Законы Кеплера указывают на то, что эта отклоняющая сила «исходит» от Солнца, а Ньютон показал, что она действует как центростремительная сила. Она дополняется инерцией планеты, и обе эти силы и вызывают эллиптическое движение планет. Сила инерции заставила бы планету удалиться на бесконечное расстояние по прямой от Солнца, а центральная сила принудила бы планету с чудовищно возрастающей скоростью устремиться к Солнцу и упасть на него. Благодаря же совместному действию этих двух сил получается эллиптическое движение: одна из них не дает планетам упасть на Солнце, а другая не дает им улететь от Солнца.

Так как свойство инерции присуще всем телам, то осталось лишь выяснить свойства и происхождение второй силы, искривляющей путь небесных тел. Ньютон показал, что второй закон Кеплера (закон площадей) будет иметь место лишь при условии, если «источником» или средоточием силы является Солнце: на планету действует сила, на-

правленная прямо от центрального тела планетной системы. Тем самым этот закон, определявший, собственно, лишь чисто геометрическое соотношение площадей, приобретает и физическое значение, т. е. он указывает на то, что планеты совершают «центральное движение», — их движение происходит под влиянием силы, исходящей из одной точки.

Возникает вопрос: как изменяется эта отклоняющая центральная сила в зависимости от расстояния планеты от Солнца? Из первого закона Кеплера, определяющего форму орбит, Ньютон вывел, что сила, действующая на данную планету, изменяется обратно пропорционально квадрату ее расстояния от Солнца. Наконец, третий закон Кеплера позволил распространить этот вывод на все планеты, и таким образом было доказано, что отклоняющая центральная сила присуща всем небесным телам и что она зависит лишь от масс этих тел и расстояний между ними.

Установление при помощи законов Кеплера закона действия силы, производящей движение планет, не могло не привести к вопросу: не есть ли это та самая сила тяжести, под действием которой яблоко падает с дерева, камень — с утеса, дождевые капли — из тучи и т. д. И строго математическое исследование привело Ньютона к заключению, что на этот вопрос необходимо дать положительный ответ. Таким образом, Ньютон открыл, что сила тяжести не является свойством одной только Земли, но присуща всякому небесному телу.

Отсюда видно, что открытие Ньютона отнюдь не ограничивается утверждением, что Земля притягивает все тела и что это притяжение, являющееся причиной падения тел на Землю, направлено к центру Земли. Такое утверждение высказывалось неоднократно и до Ньютона, хотя и не доказывалось строго математически, как это сделал Ньютон, и оно не заключало в себе ничего неожиданного или нового. Действительно неожиданное и новое, составляющее бессмертную заслугу Ньютона, заключается в установлении того факта, что не только Земля или другое небесное тело, но и любая частица вещества притягивает всякую другую частицу вещества на любом расстоянии и, в свою очередь, испытывает с ее стороны притяжение.

Сам Ньютон указывал на то, что идея всемирного тяготения не нова и что ее высказывали еще некоторые древние философы. Действительно, Демокрит и Эпикур приписывали материальным атомам притяжение или стремление друг к другу (между прочим, Маркс придавал особое значение тому, что Эпикур приписывал атомам тяжесть). Однако только Ньютон показал, что взаимное притяжение как атомных масс (так называемых «материальных точек»),

так и гигантских небесных тел подчиняется закону, который гласит: взаимное притяжение между любыми телами прямо пропорционально их массам и обратно пропорционально квадрату расстояния между ними.

Сила тяжести, обнаруживаемая при падении камней, дождевых капель и пр., не исходит исключительно из центра Земли или другого небесного тела. Каждая частица тела принимает участие в ее проявлении, так что сила притяжения, существующая между двумя телами, представляет собой сумму всех взаимных притяжений составляющих ее частиц. Ньютон совершенно правильно дал этой силе название «всемирного тяготения» и показал, что движения небесных тел обусловлены совместным и постоянным действием их притяжения и инерции. Чем ближе планета к Солнцу, тем сильнее она им притягивается, но тем значительнее скорость ее движения по орбите, и, следовательно, тем меньше период ее обращения.

Притягательная сила находящихся на Земле небольших тел настолько слаба, что ее можно обнаружить лишь при помощи чрезвычайно чувствительных приборов, изобретенных уже после смерти Ньютона. Но у огромных небесных тел эта сила, как впервые показал Ньютон, достигает таких размеров, что ею определяются все движения в мировом пространстве. Ньютоновский закон всемирного тяготения является фундаментом всего здания «небесной механики».

В 1687 г. появился великий труд Ньютона «Математические начала естественной философии» (под «естественной философией» он понимал физику, механику и теоретическую астрономию), в котором он изложил этот основной закон всех движений вселенной и с большим остроумием рассмотрел все вытекающие из него следствия. Он показал, что при помощи этого закона можно объяснить не только движение планет, но и целый ряд других явлений, как например, приливы и отливы в океанах, неправильности движений Луны, а также непонятные до сих пор движения комет.

Главное внимание Ньютон обратил на особенности движения планет, причем ему удалось обобщить большое количество астрономических явлений, сводя их к одной причине — всемирному тяготению. Занявшись решением задачи, как должно двигаться тело вокруг Солнца, если между ними действует сила по закону тяготения, Ньютон нашел объяснение законам Кеплера. Оказалось, что кеплеровы законы — это следствия проявления закона всемирного тяготения, результат совокупного действия инерции и притяжения. Таким образом, Ньютон не только вывел закон тя-

готения из кеплеровых законов, но и решил обратную задачу, т. е. математически вывел из своего закона все законы движения планет, открытые Кеплером. Другими словами, Ньютон ответил на вопросы: почему планеты движутся по эллипсам, почему радиусы-векторы описывают площади, пропорциональные времени, почему существует зависимость между расстоянием и временем обращения. Тем самым он дал прекрасное подтверждение закону всемирного тяготения, доказав, что если бы сила притяжения определялась другим законом, то орбиты планет не могли бы быть кеплеровыми, т. е. не могли бы соответствовать наблюдаемым явлениям.

Чрезвычайно важно следующее открытие Ньютона: он показал, что орбиты планет вовсе не являются точными эллипсами, что они должны представляться гораздо более сложными кривыми. Дело в том, что в силу закона Ньютона планеты также взаимно притягивают друг друга, так что движение каждой из них сильно усложняется, — оно обуславливается не только притяжением Солнца, но и всех остальных планет. Поэтому законы Кеплера являются не вполне точными, т. е. они должны считаться «первым приближением» к истинному положению вещей, — они применимы, собственно, лишь при наличии притяжения одного лишь Солнца. На самом же деле вследствие того, что планеты взаимно притягивают друг друга, происходят беспрерывные отклонения планет от чисто эллиптических движений, так называемые возмущения или пертурбации. Определение этих возмущений составляет одну из важнейших и в то же время труднейших задач астрономии, потому что каждое новое положение на орбите во время ее движения вокруг Солнца обуславливает новое воздействие на все остальные, — новое по силе и по направлению.

Следует иметь в виду, что отклонения планет от эллиптических путей настолько незначительны, что они могут быть замечены лишь весьма точными наблюдениями, так что Тихо Браге не в состоянии был их обнаружить. Если бы точность наблюдений Тихо Браге позволила их обнаружить, Кеплер оказался бы в чрезвычайно затруднительном положении, — он не мог бы согласовать видимые положения планет с вычисленными. Таким образом, можно порадоваться, что во времена Кеплера не было более точных наблюдений, нежели наблюдения Тихо Браге: если бы он пользовался более точным наблюдательным материалом, то не получил бы своих законов движения планет, сыгравших такую важную роль в открытии законов тяготения. Поэтому можно сказать, что в истории открытия кеплеровых законов сыграло роль то обстоятельство, что масса Солнца подавляюще велика сравнительно с массами планет

и что Солнце и планеты находятся на громадных расстояниях, так что планетные возмущения невелики и орбиты планет приближаются к эллиптическим кривым.

Как видно из изложенного, великое значение открытия Ньютона состоит в том, что ему удалось все разнообразие движения небесных тел свести к тяготению и инерции вещества, т. е. к тем же явлениям, которые мы наблюдаем всегда на Земле. Ньютон сделал несомненным тот факт, что непрерывное движение небесных тел по эллипсам и движения, наблюдаемые на земной поверхности, подчинены одинаковому закону, т. е. вызваны одной и той же «силой», общей причиной. Таким образом, понятные, привычные земные явления он связал с казавшимися непонятными небесными явлениями и этим лишил небесные движения той таинственности, в которую они были облечены. Благодаря Ньютону пришлось признать, что тяготение присуще всякому телу и каждой частице тела, где бы это тело ни находилось, т. е. оно представляет собой неотъемлемое общее свойство всякого вещества. А в результате весьма сильно укрепилось убеждение в строгой закономерности всех явлений природы, а учение Коперника получило физическое обоснование.

Тем самым астрономия стала одной из точнейших наук: стало возможным поразительно точно вычислять все движения небесных тел и сверять результаты этих вычислений с наблюдениями. Чем точнее становились методы вычисления, тем яснее делалось, что движения небесных тел чрезвычайно сложны, вследствие того, что небесные тела испытывают возмущения, подвергаются действию различных притяжений, направленных в разные стороны. Но важно то, что при сличении с результатами наблюдений, все более и более совершенных, обнаруживались в точности все небольшие неправильности движений, которые были предварительно вычислены теоретически, на основании закона Ньютона. Таким образом этот закон оказался первым всеобъемлющим, универсальным законом, абсолютно точным, не знающим исключения, применимым ко всем телам вселенной.

Правда, в одном случае правильность закона тяготения казалась под сомнением, но этот случай лишь способствовал укреплению убеждения в том, что тяготение действительно является всемирной силой. Дело в том, что результаты вычислений относительно движений планеты Уран, открытой в 1781 г., не совпадали с данными наблюдений, хотя это отклонение было незначительно. Некоторые ученые увидели в этом факте свидетельство того, что закон тяготения не распространяется на наиболее отдаленные об-

ласти солнечной системы и что, стало быть, этот закон не является всеобщим, всемирным. Но другие ученые решили, что должна существовать еще одна неизвестная планета, которая находится дальше Урана и своим притяжением вызывает изменение в орбите Урана, как бы «сворачивает» эту планету с ее пути. Два молодых астронома — Леверрье во Франции и Адамс в Англии — одновременно и совершенно независимо друг от друга попытались по обнаруженным отклонениям вычислить, на основании закона Ньютона, местонахождение неизвестного небесного тела. В 1846 г. они пришли приблизительно к одинаковым результатам, и действительно, на определенном вычислениями месте в том же году астрономом Галле была найдена планета, названная впоследствии Нептуном. Таким образом то, что казалось сперва опровержением закона Ньютона, послужило торжеством его: стало совершенно ясно, что этот закон является универсальным, всеобъемлющим законом мира.

Торжество закона всемирного тяготения было вместе с тем торжеством учения Коперника, и поэтому Энгельс в своем «Людвиге Фейербахе» писал: «Система Коперника в течение трехсот лет оставалась гипотезой, в высшей степени вероятной, но все-таки гипотезой. Когда же Леверрье, на основании данных этой системы, не только доказал, что должна существовать еще одна, неизвестная до тех пор планета, но и определил посредством вычислений место, занимаемое ею в небесном пространстве, и когда после этого Галле действительно нашел эту планету, система Коперника была доказана».¹

Благодаря закону всемирного тяготения не только была доказана и обоснована гелиоцентрическая система мира, но и исчезло все таинственное в небесных движениях. Если Коперник как бы соединил Землю с небом, то Ньютон, наоборот, как бы соединил небо с Землей, показав, что светила движутся подобно земным телам. Перед взором человека открылось материальное единство мира, общность различных его частей. Стало ясно, что нет коренного различия между «земным» и «небесным», «подлунным» и «звездным» и т. д., пришлось признать, что мир един и единство его в его материальности.

Неудивительно, что некоторые богословы обрушились на Ньютона за то, что он «лишил бога непосредственного воздействия на его творение, неизменно приписываемого ему священным писанием, а божье провидение заменил силой притяжения». Даже знаменитый философ Лейбниц нападал на закон всемирного тяготения за то, что он «подрывает основы религии, а следовательно и откровения».

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс., Соч., т. XIV, стр. 646.

Однако сам Ньютон не делал атеистического вывода из своих исследований движения небесных тел, потому что в то же время движение считалось чем-то внешним по отношению к веществу. Он думал, что хотя движение планет и их спутников происходит совершенно естественно, строго закономерно, но возникновение этого движения неестественно. Ему казалось, что небесные тела получили движение, свой «первый толчок» извне, под влиянием какого-то неизвестного «духовного начала», т. е. по его мнению, здесь без «руки божией» дело не обошлось. К тому же Ньютону казалось, что вследствие взаимно вызываемых возмущений солнечная система должна потерять свое равновесие, свою устойчивость. В связи с этим многие из его сторонников допускали, что солнечная система не только «пущена в ход» богом, но что она также время от времени должна быть «приведена в порядок» ее творцом.

Этот неправильный взгляд вытекает из метафизического, недialeктического представления о движении материи. Не мог удовлетворить этот взгляд и религиозных людей, так как представление о вмешательстве бога для «восстановления порядка» в солнечной системе противоречит вере в «премудрость и всемогущество творца». Например, Лейбниц указывал: «Ньютон и его приверженцы имеют крайне забавное представление о божественном творении. С их точки зрения бог должен от времени до времени заводить свои «мировые часы», — в противном случае они перестанут действовать. У бога нет достаточно могущества, чтобы создать вечное движение».

Идеалисты, богословы и прочие защитники поповщины усиленно спекулируют этим взглядом Ньютона. При этом они, конечно, старательно скрывают тот факт, что в то время открытое высказывание атеистических идей было далеко не безопасно и что самому Ньютону приходилось выслушивать немало обвинений в злобредном безбожии, в сокрушении религии. Ньютон еще не знал, что движение — извечное, неотъемлемое качество (атрибут) всех вещей, способ существования материи, так что нет и быть не может материи без движения (как нет и быть не может движения без материи). Понятие неподвижной, неизменяющейся материи — голая, пустая отвлеченность, которой не соответствует нечто реальное; Энгельс говорит, что представление о неподвижном состоянии является «одним из самых пустых и вздорных представлений, простым и горячечным бредом».

ТОРЖЕСТВО КОПЕРНИКАНСТВА

Мы имеем теперь целый ряд явлений, неизвестных Копернику и его первым последователям, которые наглядно и убедительно говорят нам о том, что Земля имеет реальное двойное движение — вокруг оси и вокруг Солнца.

Замечено, что когда вращающийся волчок находится под действием силы тяжести, то его ось описывает в пространстве конус; это называется «прецессией вращающегося волчка». Но астрономия открыла такое же движение небесного полюса, в который «упирается» воображаемая земная ось, так что это явление свидетельствует о реальном осевом движении земного шара.

Суточное вращение Земли нашло подтверждение и в целом ряде других, ранее неизвестных явлений. Теоретическое изучение силы инерции, проявляющейся при вращении тел, приводит к заключению, что вращение Земли вокруг оси должно вызвать усиленный размыв одного из берегов рек, текущих в основном по меридиану. В обоих полушариях эта сила проявляется в противоположных направлениях, и вследствие этого у рек, текущих по меридиану, в северном полушарии правый берег должен быть гористый, а левый — отлогий, в южном же полушарии — наоборот. Действительно наблюдения показали, что, например, правый берег Волги (северное полушарие) — крутой, левый же — низменный, а река Ла-Плата (южное полушарие) имеет, наоборот, левый берег возвышенный, а правый покатый. Аналогичное явление, называемое законом Бэра-Кориолиса, наблюдается на рельсах (в нашем полушарии быстрее истирается правый рельс, в южном — наоборот). Наконец, только суточным движением земного шара вызваны такие явления, как сплюснутость Земли, вращение маятника Фуко, вращение циклонов, пассатные ветры и пр.

Свыше двухсот лет назад обнаружено явление «годовой аберрации неподвижных звезд», т. е. кажущееся смещение этих светил на небосводе. Это явление вызвано тем, что пока световой луч (который не распространяется мгновенно, а лишь с определенной скоростью) доходит от звезд до Земли, наша планета перемещается в пространстве, и мы видим звезду не в том месте, где она находится в действительности. Такого смещения не было бы, если бы Земля не обращалась вокруг Солнца в течение года. Это явление убедительно доказывает реальность орбитального движения Земли.

Прошло уже сто лет как обнаружен годичный параллакс многих (наиболее близких к нам) звезд, который искали

еще ученые времен Аристотеля и Аристарха, понимая, что параллактическое смещение звезд могло явиться наиболее очевидным свидетельством движения Земли вокруг Солнца. Поэтому знаменитый математик Анри Пуанкаре (1854—1912) писал: «Что касается обращения Земли вокруг Солнца, то мы здесь имеем три явления, которые совершенно независимы для сторонника Птолемея и которые исходят к одному и тому же началу с точки зрения последователей Коперника. Это именно: видимые перемещения планет на небесной сфере, aberrация неподвижных звезд, параллакс их. Случайность ли, что все планеты обнаруживают неравенство, период которого равняется году, и что этот период в точности равен периоду aberrации и так же в точности равен периоду параллакса? Принять птолемееву систему значит ответить «да»; принять систему Коперника — ответить «нет». Принимая вторую, мы утверждаем присутствие связи между тремя явлениями, и это верно».

Благодаря Копернику наша Земля из центра вселенной перешла на скромное место спутника Солнца — планеты. Однако вселенная Коперника и астрономов того времени была крайне ограничена и фактически исчерпывалась только теми светилами, которые составляли солнечную систему. Хотя Бруно и Галилей говорили, что каждая звезда подобна нашему Солнцу (и следовательно является планетной системой), только после работ великого астронома Вильяма Гершеля (1738—1822) на ряду с быстро развивавшейся астрономией планетной системы начала создаваться новая отрасль науки — звездная астрономия. Развитие звездной астрономии привело к тому, что уже нельзя сомневаться в существовании весьма многочисленных планетных систем. В 1937 г. астроном Хольмберг, исследуя ближайшие к нам звезды, окончательно доказал, что многие из этих солнц имеют планеты, так что наша планетная система не представляет собой исключительного или редкого явления во вселенной. В настоящее время полностью подтверждена мысль Гершеля, что все наблюдаемые нами звезды представляют собою одно гигантское звездное скопление, причем светящаяся полоса Млечного пути является лишь той частью этого огромного звездного скопления, которая кажется нам наиболее густой. Отдавая дань античной астрономии, мы называем это космическое образование Галактикой или галактической системой (от «гала» — молоко, так как греки называли Млечный путь «молочным кругом»). Эта система по своей форме напоминает «чечевицу». Современные подсчеты приводят к заключению, что в ней имеется не менее 30 миллиардов звезд.

Недавно астроном Хеббл доказал, что наш Млечный

путь — лишь один из «островов» вселенной, т. е. звезды образуют собой галактики, колоссальные скопления из многих миллиардов звезд, причем эти системы отстоят друг от друга на расстояния, которые во много раз превышают их собственные поперечники. Все эти космические образования названы внегалактическими туманностями, потому что они находятся за пределами нашей Галактики и в телескопе выглядят светящимися туманными пятнами. В некоторых частях неба их так много, что на фотографии оказывается больше таких образований, чем звезд.

Таким образом в развитии наших знаний о строении и размерах вселенной можно отметить три основных этапа. Вначале Земля была осознана как небесное тело, входящее в состав целой семьи планет, движущихся вокруг Солнца. Потом установлено было, что солнечная система («мир Коперника») представляет собой ничтожную часть колоссальной федерации звезд. Наконец, оказалось, что наша звездная система («мир Гершеля») является чрезвычайно малой частью мира галактик («мира Хейбла»). Следовательно, перед астрономией открылась такая область вселенной, в которой элементарными «структурными единицами» являются уже не планеты и не отдельные звезды, а галактики — скопления из миллиардов солнц. Это привело к постановке грандиозной проблемы, над разрешением которой будет работать не одно поколение астрономов, — к проблеме о строении сверхсистемы млечных путей. Вместе с тем это нанесло окончательный удар последним пережиткам антропогеоцентрического мировоззрения.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение. Геоцентризм и религия	3
I. Видимое движение светил	11
II. Древние идеи о строении мира	22
III. Геоцентрическая картина мира	30
IV. Система сферических движений	40
V. Движение по эксцентрическим кругам	45
VI. Теория эпициклических движений	51
VII. Пифагорейская система мира	61
VIII. Виды геоцентрической системы : : :	67
IX. Первое гелиоцентрическое учение	71
X. Древняя критика гелиоцентризма	76
XI. Возврат к примитивным идеям	79
XII. Великие географические открытия и астрономия	85
XIII. Предвестники нового учения	94
XIV. Гелиоцентрическая система мира	103
XV. Особенности коперниковой системы	116
XVI. Борьба церкви с коперниканством	124
XVII. Смесь геоцентризма и гелиоцентризма	132
XVIII. Учение о множественности миров	140
XIX. Механические и телескопические открытия	146
XX. Сопоставление двух основных систем	159
XXI. Завершение коперниковой системы	166
XXII. Поиски движущей силы светил	178
XXIII. Закон всемирного тяготения	186
Заключение. Торжество коперниканства	195