



## *Введение*

В этой серии лекций я постараюсь в общих чертах рассказать о наших представлениях об истории Вселенной от Большого взрыва до образования черных дыр. Первая лекция посвящена краткому обзору идей о строении Вселенной, которых придерживались в прошлом, и рассказу о том, как была построена современная картина мира. Эту часть можно назвать историей развития представлений об истории Вселенной.

Во второй лекции я опишу, как теории гравитации Ньютона и Эйнштейна привели к пониманию того, что Вселенная не может быть неизменной — она должна либо расширяться, либо сжиматься. Из этого, в свою очередь, следует вывод, что в какое-то время

в интервале от 10 до 20 млрд лет назад плотность Вселенной была бесконечной. Эта точка на оси времени называется Большим взрывом. По-видимому, этот момент и был началом существования Вселенной.

В третьей лекции я расскажу о черных дырах. Они образуются, когда массивная звезда или более крупное космическое тело коллапсирует под действием собственной гравитации. Согласно общей теории относительности Эйнштейна, каждый, кто окажется достаточно глуп, чтобы угодить в черную дыру, останется там навсегда. Никто не сможет оттуда выбраться. В сингулярности истории существования любого объекта приходит конец. Однако общая теория относительности — это теория классическая, то есть в ней не учитывается квантовомеханический принцип неопределенности.

В четвертой лекции я объясню, как квантовая механика позволяет энергии ускользать из черной дыры. Черные дыры не так уж черны, «как их малюют».

В пятой лекции я расскажу о применении идей квантовой механики к решению вопро-

сов, связанных с Большим взрывом и происхождением Вселенной. Это подведет нас к пониманию того, что пространство-время может быть конечным, но не иметь границы или края. Это напоминает поверхность Земли, но с добавлением еще двух измерений.

В шестой лекции я покажу, как на основе этого нового предположения о границе можно объяснить, почему прошлое так сильно отличается от будущего, хотя законы физики симметричны относительно времени.

Наконец, в седьмой лекции я расскажу о попытках сформулировать единую теорию, охватывающую квантовую механику, гравитацию и все остальные физические взаимодействия. Если нам это удастся, мы действительно сможем понять Вселенную и свое место в ней.

## *Лекция первая*

# ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ВСЕЛЕННОЙ

Еще в 340 г. до н. э. Аристотель в своем трактате «О небе» сформулировал два веских довода в пользу того, что Земля имеет форму шара, а не является плоской, как тарелка. Во-первых, он понял, что лунные затмения вызваны прохождением Земли между Солнцем и Луной. Тень Земли на Луне — всегда круглая, а это возможно, только если Земля имеет сферическую форму. Если бы Земля представляла собой плоский диск, тень была бы вытянутой и имела бы форму эллипса, за исключением тех случаев, когда в момент затмения Солнце находится точно над центром диска.

Во-вторых, из опыта своих путешествий греки знали, что в южных районах Полярная звезда находится ниже над горизонтом, чем

в более северных. Опираясь на разницу видимых положений Полярной звезды в Египте и Греции, Аристотель даже приводит оценку длины окружности Земли — 400 тыс. стадиев. Чему равен один стадий — точно не известно (возможно, около 180 метров). Тогда оценка Аристотеля почти в два раза превосходит значение, принятое в настоящее время.

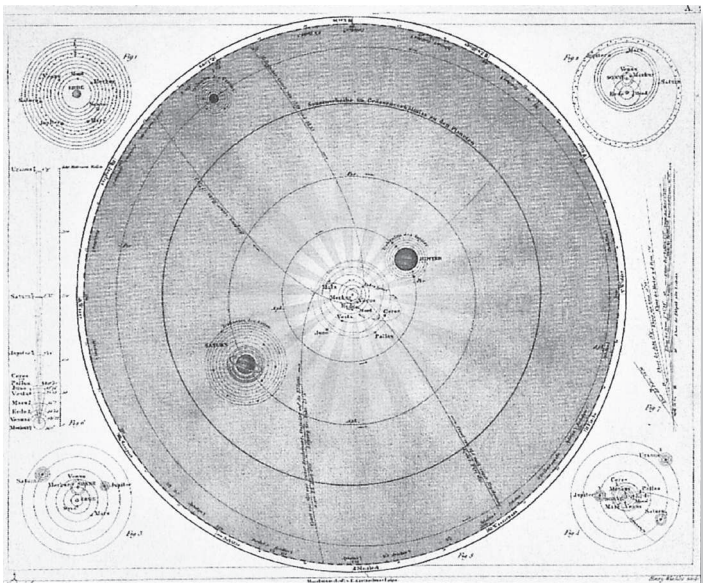
У древних греков был еще и третий аргумент в пользу того, что Земля должна иметь форму шара: иначе почему на горизонте сначала появляются паруса приближающегося корабля и только потом становится виден его корпус? Аристотель думал, что Земля неподвижна, а Солнце, Луна, планеты и звезды движутся по круговым орбитам вокруг нее. Он так считал, поскольку в силу мистических соображений был убежден, что Земля — центр Вселенной, а круговое движение — самое совершенное.

---

*Аристотель считал, что Земля неподвижна,  
а Солнце, Луна, планеты и звезды движутся  
по круговым орбитам вокруг нее.*

---

В I веке н. э. эта идея была развита Птолемеем в целостную космологическую модель. Земля располагается в центре, ее окружают восемь сфер, несущих на себе Луну, Солнце, звезды и пять планет, известных в то время: Меркурий, Венеру, Марс, Юпитер и Сатурн. Планеты движутся по окружностям меньших радиусов, которые связаны с соответствующими сферами. Это требовалось, чтобы объяс-



нить их достаточно сложные наблюдаемые траектории движения по небу. На внешней сфере расположены так называемые неподвижные звезды, которые сохраняют свои положения относительно друг друга, но все вместе совершают круговое движение по небу. Что находится за пределами внешней сферы — оставалось неясным, но эта часть Вселенной, несомненно, была недоступна для наблюдений.

Старинный рисунок, на котором изображены разные космологические модели, объяснявшие движение планет. На центральной схеме представлена гелиоцентрическая (в центре находится Солнце) модель движения шести известных в то время планет, их спутников и других небесных тел, обращающихся вокруг Солнца. Со второго века доминирующей моделью стала геоцентрическая (в центре находится Земля) система Птолемея (вверху слева). На смену ей пришла гелиоцентрическая система Коперника, опубликованная в 1543 г. (внизу справа). В египетской модели (внизу слева) и модели Тихо Браге (вверху справа) предпринимались попытки сохранить представление о неподвижной Земле как центре Вселенной. Подробные сведения об орбитах планет приведены слева и справа.

*Из «Иллюстрированного атласа»  
Иоганна Георга Хека, 1860 г.*



Модель Птолемея давала возможность достаточно точно предсказывать положения небесных тел на небе. Но для этого Птолемею пришлось допустить, что иногда Луна подходит вдвое ближе к Земле, чем в другие моменты своего движения по предсказанной траектории. Это означало, что периодически Луна должна казаться вдвое больше обычного. Птолемей знал об этом недостатке, но, несмотря на это, его модель была принята большинством, хотя и не всеми. Она получила одобрение христианской церкви, как картина мира, согласующаяся со Священным писанием. Ведь эта модель обладала огромным преимуществом, поскольку оставляла за сферой неподвижных звезд достаточно места для рая и ада.

Однако в 1514 г. польский священник Николай Коперник предложил гораздо более простую модель. Сначала, опасаясь обвинений в ереси, он опубликовал свою модель анонимно. Он считал, что в центре находится неподвижное Солнце, а Земля и планеты движутся вокруг него по круговым орбитам. К несчастью для Коперника, прошло почти

сто лет, прежде чем его идеи были приняты всерьез. Тогда два астронома — немец Иоганн Кеплер и итальянец Галилео Галилей — публично выступили в поддержку теории Коперника несмотря на то, что орбиты, предсказанные на основе этой теории, несколько отличались от наблюдаемых. Конец господству теории Аристотеля-Птолемея был положен в 1609 г., когда Галилео Галилей начал изучать ночное небо с помощью недавно изобретенного телескопа.

---

*В 1609 г. Галилео Галилей начал изучать  
ночное небо с помощью недавно  
изобретенного телескопа.*

---

Наблюдая Юпитер, Галилей заметил, что планету сопровождают несколько небольших спутников (лун), которые обращаются вокруг нее. Это означало, что не все небесные тела должны обращаться вокруг Земли, как думали Аристотель и Птолемей. Конечно, по-прежнему можно было считать,

что Земля неподвижна и находится в центре Вселенной, а спутники Юпитера движутся по крайне сложным траекториям вокруг Земли, так что создается видимость их обращения вокруг Юпитера. Однако теория Коперника была гораздо проще.

В это же время Кеплер развил теорию Коперника, предположив, что планеты движутся не по круговым орбитам, а по эллиптическим. Теперь предсказания теории окончательно совпали с наблюдениями. Что касается Кеплера, эллиптические орбиты были лишь искусственной гипотезой, причем весьма досадной, поскольку эллипс считался менее совершенной фигурой, чем круг. Обнаружив (почти случайно), что эллиптические орбиты хорошо соответствуют наблюдениям, он не мог согласовать это со своей идеей о том, что планеты обращаются вокруг Солнца под действием магнитных сил.

Объяснение было найдено гораздо позднее, в 1687 г., когда Ньютон опубликовал свой труд *«Математические начала натуральной философии»*. Это, возможно, самый важ-

ный из когда-либо опубликованных трудов по физике. В нем Ньютон не только предложил теорию движения тел в пространстве и времени, но также разработал математический аппарат для анализа этого движения. Кроме того, он сформулировал закон всемирного тяготения. Этот закон гласит, что все тела во Вселенной притягиваются друг к другу с силой, которая тем больше, чем больше массы тел и чем ближе друг к другу они расположены. Это та же сила, которая заставляет объекты падать на землю. История с упавшим на Ньютона яблоком почти наверняка является вымышленной. Сам Ньютон упоминал лишь о том, что идея гравитации пришла ему в голову, когда он пребывал в созерцательном настроении и заметил падение яблока.

---

*Ньютон не только предложил теорию движения тел в пространстве и времени, но также разработал математический аппарат для анализа этого движения.*

---