



ГИППАРХ

Биография и основные достижения в
астрономии

ГИППАРХ

Гиппа́рх Нике́йский (ок. 190 до н. э. — ок. 120 до н. э.; др.-греч. Ἰππάρχος) — древнегреческий астроном, механик, географ и математик II века до н. э., часто называемый величайшим астрономом античности. Главной заслугой Гиппарха считается то, что он привнёс в греческие геометрические модели движения небесных тел предсказательную точность астрономии Древнего Вавилона.

Биография

- Гиппарх родился в [Никее](#) (в настоящее время [Изник](#), [Турция](#)). Большую часть жизни проработал на [острове Родос](#), где он, вероятно, и скончался. Его первое и последнее астрономические наблюдения датируются, соответственно, [162](#) и [127 г. до н. э.](#) Предполагается, что он был в контакте с астрономами [Александрии](#) и [Вавилона](#), но неизвестно, посещал ли он эти научные центры лично. Основными источниками информации о его трудах являются «Математическое собрание» [Паппа](#), «География» [Страбона](#) и «[Альмагест](#)» [Птолемея](#); последний оставил следующую характеристику Гиппарха: «муж трудолюбец и поклонник истины». Из собственных сочинений Гиппарха до нас дошло только одно — «Комментарий к феноменам Евдокса и Арата» («Περὶ τῶν Ἀράτου καὶ Εὐδόξου φαينوμένων») в трёх книгах. В трактате содержится критический комментарий к описаниям положений звёзд и созвездий на небе в популярной астрономической поэме [Арата](#), основанной на наблюдениях [Евдокса](#). Кроме того, в сочинении приводится множество численных данных о восходах и заходах многих звёзд и отдельные их координаты. Исследование этих сведений показывает их тесную связь со звёздным каталогом в «Альмагесте» Птолемея. Возможно, участвовал в создании [Антикитерского механизма](#), построенного на Родосе во II веке до н. э.



Прецессия

- Наиболее важным достижением Гиппарха считается открытие [предварения равноденствий](#), или астрономической [прецессии](#), заключающееся в том, что точки [равноденствий](#) постепенно перемещаются среди звёзд, благодаря чему каждый год равноденствия наступают раньше, чем в предшествующие годы. По [Птолемею](#), Гиппарх сделал это открытие, сопоставляя определённые им самим координаты [Спики](#) с измерениями александрийского астронома [Тимохариса](#). Более подробное исследование позволило Гиппарху отвергнуть предположение, что это изменение [координат](#) вызывается собственными движениями звёзд, так как менялись только [долготы](#) звёзд (их угловые расстояния от точки весеннего равноденствия, отсчитываемые вдоль [эклиптики](#)), но не их [широты](#) (угловые расстояния от [эклиптики](#)). По Гиппарху, скорость прецессии составляет 1° в столетие (на самом деле, 1° за 72 года).
- По мнению [американского историка науки](#) Ноула Свердлова, измерения звёздных координат, бывших в распоряжении Гиппарха, являются недостаточно точными, чтобы судить о скорости прецессии. Свердлов предполагает, что Гиппарх измерил скорость прецессии на основании разности между тропическим и сидерическим (звёздным) [годами](#). В последнее время появились основания полагать, что разность между этими двумя видами года была известна ещё [Аристарху Самосскому](#), жившему за полтора столетия до Гиппарха. Если это так, то заслуга Гиппарха заключается не столько в открытии прецессии, сколько в подробном исследовании этого феномена на основе данных о координатах звёзд.

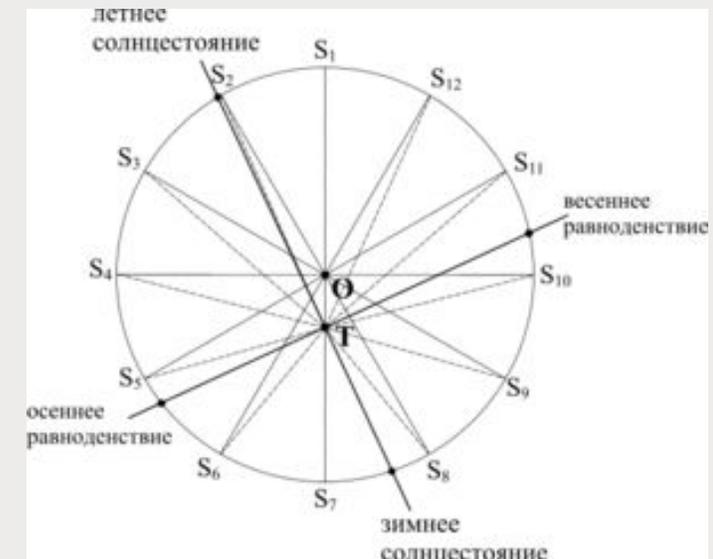
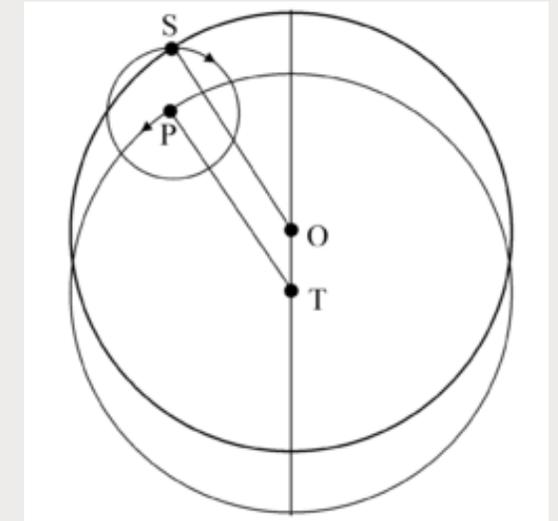
Звёздный каталог

- Гиппарх составил первый в [Европе звёздный каталог](#), включивший точные значения координат около тысячи звёзд (работу по определению звёздных координат начали ещё в первой половине [III века до н. э.](#) [Тимохарис](#) и [Аристилл](#) в [Александрии](#)). [Плиний Старший](#) писал, что непосредственным поводом к составлению каталога явилась [новая звезда](#) в [Скорпионе](#), вспыхнувшая в 134 г. до н. э. и натолкнувшая Гиппарха на мысль, что «надлунный мир» так же подвержен изменениям, как и мир земной: «Он определил места и яркость многих звёзд, чтобы можно было разобрать, не исчезают ли они, не появляются ли вновь, не движутся ли они, меняются ли в яркости. Он оставил потомкам небо в наследство, если найдётся тот, кто примет это наследство». Отсюда видно, что сам Гиппарх, по меньшей мере, допускал возможность [собственных движений](#) звёзд. Имея в виду оставить позднейшим наблюдателям данные для наиболее лёгкого определения изменения положений звёзд, он записал несколько случаев, когда три или более звезды лежат примерно на одной линии (большом круге [небесной сферы](#)). Заметим, что наличие собственных движений несовместимо с представлением о звёздах как о телах, закреплённых на одной сфере; представление о неподвижности [Земли](#) требует, чтобы звёзды были жёстко закреплены на небесной сфере, поскольку в этом случае [суточное вращение неба](#) считается реальным, а не кажущимся, как в случае вращающейся Земли. Хотя большинство астрономов считают Гиппарха сторонником мнения о неподвижности Земли, можно допустить, что он, по крайней мере, не исключал возможность вращения Земли.
- Другим новшеством Гиппарха при составлении каталога явилась система [звёздных величин](#): звёзды первой величины самые яркие и шестой — самые слабые, видимые невооружённым взглядом. Эта система в усовершенствованном виде используется в настоящее время.
- Сам по себе каталог Гиппарха до нас не дошёл. Многие астрономы (начиная с [Тихо Браге](#)), однако, полагают, что звёздный каталог, приведённый в «[Альмагесте](#)» [Птолемея](#), в действительности является переделанным каталогом Гиппарха, вопреки высказыванию Птолемея, что все звёзды его каталога наблюдались им самим. По этому вопросу ведётся очень напряжённая дискуссия, но в последнее время начинает преобладать мнение об авторстве Гиппарха. В частности, к такому выводу пришли в 2000 году А. К. Дамбис и [Ю. Н. Ефремов](#), определив эпоху составления каталога по данным о собственных движениях звёзд.
- В 1898 году Георг Тиле предположил, что звёздный глобус, являющийся деталью эллинистической скульптуры «[Атлант Фарнезе](#)» (иногда — «Атлас Фарнезе»), изготовлен на основе каталога Гиппарха. В 2005 году эта гипотеза была снова предложена Б. Шафером. Специалисты отмечают, что при ближайшем рассмотрении изображения на глобусе Фарнезе имеют гораздо больше отличий, чем сходств с данными Гиппарха, что не позволяет принять эту гипотезу



Орбиты Солнца и Луны

- Все теории движения небесных тел, созданные вавилонскими астрономами, рассматривали только их движения по небу, к тому же только в проекции на эклиптику (что было вполне достаточно, с точки зрения [астрологии](#), для нужд которой эти теории создавались). Наоборот, астрономы Древней Греции стремились установить орбиты небесных тел в пространстве. Начиная с [Аполлония Пергского, III век до н. э.](#) (а по мнению выдающегося математика и историка науки [Бартела ван дер Вардена](#), ещё с [пифагорейцев](#) в доплатонову эпоху), они строили орбиты на основе сочетания больших и малых кругов — [деферентов](#) и [эпициклов](#). Именно на основе этого принципа Гиппарх создал первые дошедшие до нас теории движения [Солнца](#) и [Луны](#).
- Если бы Солнце (в геоцентрической системе) равномерно двигалось по окружности с центром в центре Земли, то угловая скорость его перемещения по небу была бы постоянной и [астрономические времена года](#) имели бы равную продолжительность. Однако ещё [Евктемон](#) и позднее [Каллипп](#) установили, что продолжительность сезонов не одинакова: по собственным измерениям Гиппарха, более точным, чем у его предшественников, интервал между весенним равноденствием и летним солнцестоянием составил 94,5 дней, между летним солнцестоянием и осенним равноденствием — 92,5 дней. Поэтому согласно теории Гиппарха дневное светило равномерно движется по эпициклу, центр которого в свою очередь равномерно вращается по деференту. Периоды обоих вращений одинаковы и равны одному году, их направления противоположны, в результате чего Солнце равномерно описывает в пространстве окружность (эксцентр), центр которой не совпадает с центром Земли. [Ван дер Варден^{\[17\]}](#) считает, что аналогичные теории Солнца создавались ещё раньше, в частности, [Каллиппом](#) в [IV веке до н. э.](#)
- Из наблюдений требовалось определить [эксцентриситет](#) орбиты (то есть отношение расстояний между центрами Земли и эксцентра) и направление [линии апсид](#) (линии, проходящей через центры Земли и эксцентра). Зная продолжительность времён года, Гиппарх решил эту задачу: эксцентриситет орбиты Солнца составляет $1/24$, [апогей орбиты](#) расположен на угловом расстоянии $64,5^\circ$ от точки весеннего равноденствия. Теория Гиппарха описывает положение Солнца на небе с очень высокой точностью. Точность определения расстояния Солнца от Земли оказывалась существенно ниже (из-за того, что реальная орбита Земли — эллипс, а не окружность), но соответствующая вариация видимого радиуса Солнца не была доступна для измерения древним астрономам. По мнению Роулинза^[18], Гиппарх создал несколько таких теорий, каждая последующая из которых была точнее предыдущей, причём до нас дошла (благодаря «[Альмагесту](#)») только одна из них, притом не самая последняя.
- Поскольку, в отличие от Солнца, периоды наиболее быстрого или медленного движения Луны по небу каждый месяц приходится на новое созвездие, для создания теории движения Луны Гиппарху пришлось предположить, что скорости движения Луны по деференту и эпициклу не совпадают. Для получения орбитальных параметров Гиппарх использовал красивый метод, основанный на использовании трёх лунных затмений, созданной ранее им же теории Солнца и данных более ранних древнегреческих астрономов. Гиппарх создал две теории с несколько различными параметрами. Ввиду сложности движения нашего естественного спутника, лунная теория Гиппарха оказалась не столь успешной, как его теория Солнца, но тем не менее позволила осуществлять предсказания затмений с точностью, недоступной более ранним астрономам, в том числе вавилонским.
- Интересно, что по одной из гиппарховых лунных теорий отношение радиусов эпицикла и деферента составляет $327+2/3$ к 3144 , по второй — $247+1/2$ к $3122+1/2$. Отношения чисел однозначно определяются из наблюдений, но откуда взялись эти странные единицы? Вопрос оставался неясным до [1991 года](#), когда Роулинз обнаружил^[19], что при определении радиуса деферента использовались тысячные доли расстояния от Земли до Солнца ([астрономической единицы](#)), принятого в древности после [Аристарха](#). Далее, Роулинз утверждает, что астрономическая единица является естественной мерой расстояний для гелиоцентристов, в то время как геоцентристы использовали для этой цели радиус Земли. Действительно, гелиоцентрист [Коперник](#) использовал астрономическую единицу, геоцентрист [Птолемей](#) — радиус Земли. Отсюда Роулинз делает вывод, что сотрудниками Гиппарха, непосредственными вычислителями, были астрономы, являвшиеся сторонниками гелиоцентризма.
- Птолемей сообщает, что Гиппарх не занимался разработкой аналогичных теорий движений планет, ограничившись критикой существовавших в его время теорий. Главный дефект, который выявил Гиппарх в этих теориях, заключался в том, что даваемые ими [пятые движения планет](#) всегда имели одни и те же продолжительность и длину.



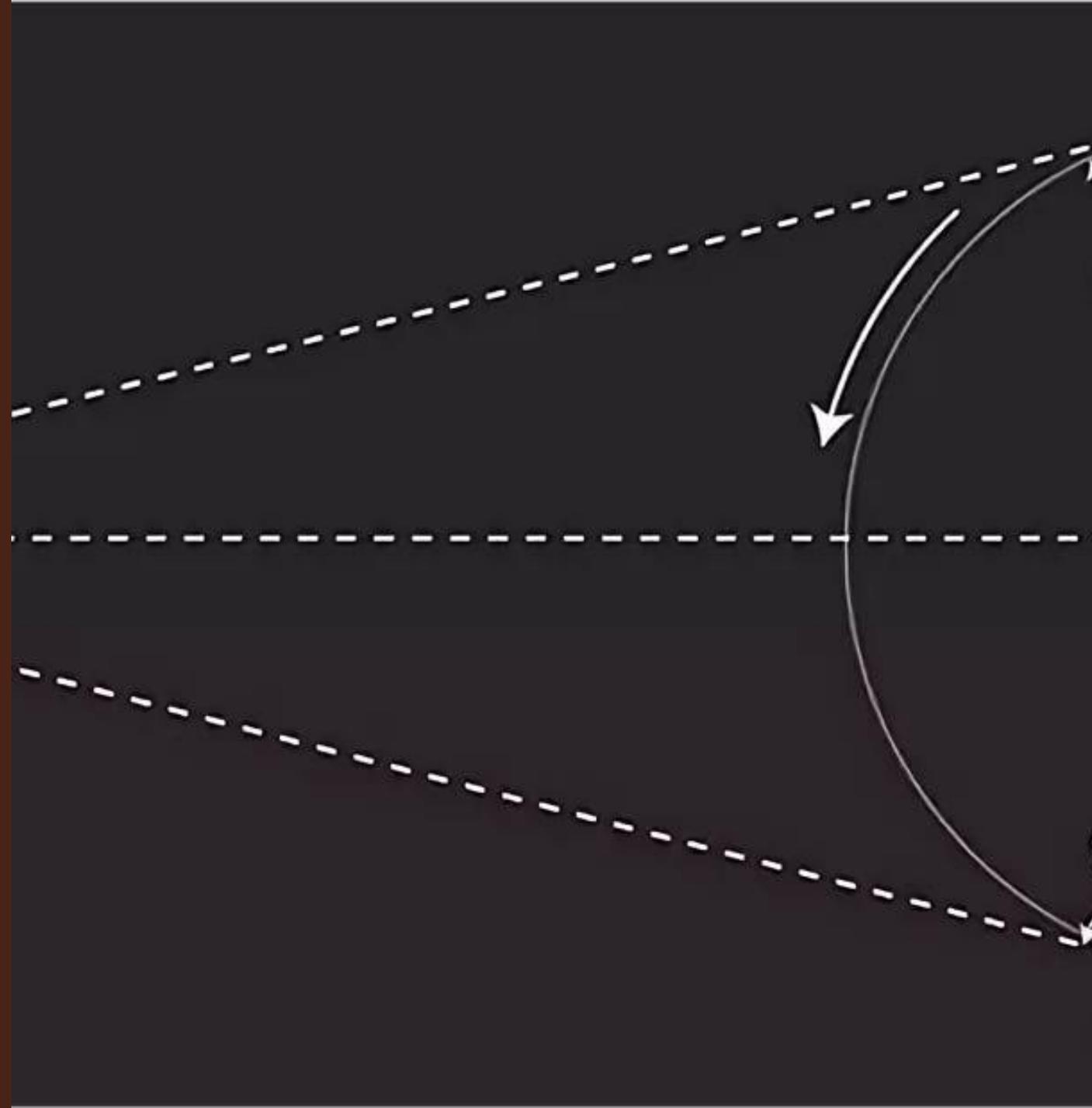
Вычисление расстояний до Луны и Солнца и их размеров

Первым, кто попытался измерить эти величины, был [Аристарх Самосский](#). По его оценкам, Луна примерно в 3 раза меньше Земли по диаметру, а Солнце в 6,5 раз больше; Солнце в 19 раз дальше от нас, чем Луна. В книге, посвящённой этому вопросу, Аристарх не приводит значение расстояния до Луны, но его можно реконструировать: получается 80 радиусов Земли. По мнению С. В. Житомирского, этим занимался также [Архимед](#), получивший расстояние до Луны около 62 радиусов Земли.

Как сообщают [Птолемей](#) и математик [Папп Александрийский](#), Гиппарх написал две книги «О размерах и расстояниях» (περὶ μεγεθῶν καὶ ἀποστημάτων), посвящённые измерению расстояний до Луны и Солнца. Реконструкции попыток Гиппарха определить эти параметры предпринимали [Ф. Гупль](#), Н. Свердлов, Г. Тумер, Д. Роулинз.

В первой книге Гиппарх использовал наблюдения солнечного затмения, которое в Геллеспонте наблюдалось в полной фазе, а в Александрии в фазе 4/5. Предполагая, что Солнце гораздо дальше от нас, чем Луна, то есть солнечный параллакс пренебрежимо мал, Гиппарх получил минимальное расстояние до Луны 71 и максимальное 83 радиусов Земли. Во второй книге Гиппарх использует метод определения расстояния до Луны, основанный на анализе лунных затмений (в принципе аналогичный использованному ранее [Аристархом](#)), и предполагает, что суточный параллакс Солнца составляет $7'$ — максимальная величина, при которой он неразличим невооружённым взглядом. В результате получается, что минимальное расстояние до Луны составляет $67 \frac{1}{3}$, максимальное $72 \frac{2}{3}$ радиусов Земли; расстояние до Солнца, соответствующее суточному параллаксу $7'$, составляет 490 радиусов Земли.

По всей видимости, Гиппарх неоднократно возвращался к этой теме. [Теон Смирнский](#) и [Халкидий](#) утверждают, что он получил объём Солнца в 1880 раз превосходящим объём Земли, и объём Луны — в 27 раз меньшим объёма Земли. Эти числа не совпадают с приводимыми Паппом Александрийским. Зная угловой радиус Луны ($1/1300$ полного круга по Гиппарху), отсюда можно получить и расстояние до Луны: примерно 69 радиусов Земли, довольно близкое ко второй оценке Гиппарха, согласно Паппу (а если округлить видимый радиус Луны до ближайшей минуты, то есть принять его равным $17'$, то мы получим как раз $67 \frac{1}{3}$). Наконец, по свидетельству [Клеомеда](#), отношение объёмов Солнца и Земли по Гиппарху равно 1050.



Механика

- Гиппарх написал книгу «О телах, движущихся вниз под действием их тяжести», с основными идеями которой мы знакомы в пересказе [Симпликия](#). Гиппарх не разделял [концепцию](#) естественных и насильственных движений [Аристотеля](#), согласно которой «тяжёлым» земным телам свойственно движение вниз, к [центру мира](#), а «лёгким» (например, огню) — вверх, от центра. Согласно Симпликию, «Гиппарх пишет, что если бросить кусок земли прямо вверх, причиной движения вверх будет бросившая сила, пока она превосходит тяжесть брошенного тела; при этом, чем больше бросившая сила, тем быстрее предмет движется вверх. Затем, по мере уменьшения силы, движение вверх будет происходить со всё убывающей скоростью, пока, наконец, тело не начнёт двигаться вниз под действием своего собственного влечения — хотя в какой-то мере бросившая сила ещё будет в нём присутствовать; по мере того, как она иссякает, тело будет двигаться вниз всё быстрее и быстрее, достигнув своей максимальной скорости, когда эта сила окончательно исчезнет». По сути дела, здесь перед нами — первая формулировка [концепции импетуса](#), широко распространённой среди средневековых учёных (например, у [Иоанна Филопона](#), [Жана Буридана](#)). Симпликий продолжает: Гиппарх «приписывает ту же причину и телам, падающим с высоты. А именно в этих телах также имеется сила, которая удерживала их на высоте, и действием этой силы объясняется более медленное движение тела в начале его падения». Эта [концепция](#) Гиппарха напоминает современное понятие [потенциальной энергии](#). К сожалению, перечисленные идеи Гиппарха не получили развития в античности.
- Математик и историк науки Лучио Руссо (Russo) полагает, что Гиппарх был знаком с понятием [инерции](#) и дал качественное описание действия [гравитации](#). Таким образом он интерпретирует некоторые пассажи в сочинении [Плутарха](#) «О лике, видимом на диске Луны». По мнению Руссо, Гиппарх в действительности был гелиоцентристом, но его соответствующие труды не дошли до Птолемея.

Спасибо за внимание

