



Российская Академия Наук

Отделение физических наук

Н.Б. Железнов

**Открытие Цереры:
как это было**

Москва 2017

УДК 52-32
ББК 22.6
Ж50

ISBN 978–5–906906–23–6

© Российская академия наук, 2017

© Н.Б. Железнов, 2017

Открытие Цереры: как это было

Н.Б. Железнов

Введение

В настоящее время исследование астероидов является одним из наиболее перспективных направлений в астрономии, как в плане получения интересных теоретических результатов, так и с точки зрения решения широкого ряда прикладных задач. В частности, большой резонанс в обществе вызывает проблема астероидной опасности для Земли, будоражит умы возможная добыча полезных ископаемых на астероидах в будущем.

Современные автоматические программы мониторинга космического пространства открывают ежемесячно по несколько сотен астероидов во всех частях Солнечной системы, от орбиты Меркурия до ее внешних границ. Не за горами тот день, когда общее число астероидов, как получивших свой постоянный номер в каталоге, так и ждущих своей очереди, достигнет миллиона. Астероидом считается как «космический камешек» размером в несколько метров, так и Плутон, который в качестве карликовой планеты получил свой номер в каталоге астероидов в 2006 г. Вся научная информация об открытиях новых объектов публикуется в циркулярах Центра малых планет, который базируется в Смитсоновской астрофизической обсерватории в Кэмбридже, штат Массачусетс, США.

Чем больше информации мы получаем, чем больше «закапываемся» в решении современных задач, тем меньше уделяем нашего внимания истокам зарождения научного направления. Тем не менее, история открытия первого астероида – Цереры в европейских журналах освещена в мельчайших подробностях, вплоть до опубликования переписки ученых того времени, занимавшихся этой проблемой. В российских изданиях информации об этом событии было очень мало, возможно по причине того, что российская наука не имела к этому практически никакого отношения, это целиком достижение европейской астрономии. Данная статья в некоторой степени закрывает этот пробел.

История открытия Цереры состоит из нескольких отдельных историй, которые, по сути, не вытекают друг из друга, но тесным образом переплетаются. Данная статья начинается с описания событий, происходивших в городе Гота (современная Германия) и связанных с первым директором обсерватории Зееберг бароном Францем Ксавьером фон Цахом. Центральной фигурой данной истории, вокруг которой и происходили основные события, является первооткрыватель Цереры, основатель обсерватории в Палермо Джузеппе Пиацци. Много внимания в статье будет уделено удивительному и блестящему решению проблемы определения орбиты планеты по трем наблюдениям, найденному гениальным Карлом Фридрихом Гауссом.

Предыстория

Основные события в науке, приведшие к открытию первого астероида, случились на рубеже XVIII–XIX вв. Но заглянем для начала в еще более раннее время, в XVI–XVII вв., открытия и научные достижения которых дали существенный толчок к пониманию устройства Солнечной системы. Все более точные значения параллаксов и определенных с их помощью расстояний между орбитами планет относительно расстояния Земли от Солнца ясно вырисовывали структуру Солнечной системы. И большой промежуток между орбитами Марса и Юпитера не мог ускользнуть от внимания ученых.

По-видимому, первым, кто попытался дать объяснение этому большому промежутку, был Иоганн Кеплер. В своей работе *«Mysterium Cosmographicum»* [1, 2] он высказал предположение, что в этой области должна находиться планета. Хотя И. Кеплер заблуждался в некоторых своих предположениях (например, дополнительную планету он помещал не только между Марсом и Юпитером, но и между орбитами Меркурия и Венеры), он оставил богатое научное наследие – свои знаменитые три закона движения. Как оказалось в будущем, предположение И. Кеплера о существовании планеты между орбитами Марса и Юпитера было небезосновательным.

И. Кеплер был не единственным, кто задумывался о происхождении большого промежутка между орбитами четвертой и пятой планет. Свои объяснения и предположения высказывали такие светила науки как Исаак Ньютон, Эммануил Кант, Иоганн Ламберт и др. [3].

В 1766 г. в своем переводе на немецкий язык книги Шарля Бон-



Рис. 1. Иоганн Даниэль Тициус
Johann Daniel Titius (02.01.1729–
16.12.1796)

¹ На самом деле его звали Иоганн Диц. Но поскольку он был профессором университета в Виттенберге, а в XVIII в. в среде ученых было принято латинизировать свои фамилии, то Диц стал Тициусом.

нэ «*Contemplation de la Nature*» (Созерцание природы) Иоганн Тициус¹ (рис.1) опубликовал замеченную им закономерность в больших полуосях орбит планет в зависимости от порядкового номера планеты. Эта закономерность была по достоинству оценена тогда еще молодым астрономом Иоганном Боде. Особенно поразительным был факт, что эта закономерность предусматривала наличие несуществующей планеты между орбитами Марса и Юпитера. Во втором издании своего учебника «*Anleitung zur Kenntnis des gestirnten Himmels*» (*Руководство по знаниям о звездном небе*), вышедшего в 1772 г.², описывая закономерность И. Тициуса, И. Боде писал: «... Можно ли полагать, что Создатель вселенной оставил это пространство пустым? Определенно нет...» [3, 4].

Данную закономерность можно выразить в виде формулы $a = 0.4 + 0.3 \cdot 2^i$, где a – большая полуось (радиус) орбиты, $i = -\infty, 0, 1, 2, 3, \dots$. Эта закономерность – сейчас она называется правилом Тициуса–Боде – еще не была явным доказательством существования планеты между орбитами Марса и Юпитера. Это могло быть удачным совпадением. Необходимо было подтверждение правила.

Табл. 1. Правило Тициуса–Боде.

Планета	i	Радиус орбиты, а.е.	
		по правилу	фактический
Меркурий	$-\infty$	0.4	0.39
Венера	0	0.7	0.72
Земля	1	1.0	1.00
Марс	2	1.6	1.52
?	3	2.8	?
Юпитер	4	5.2	5.20
Сатурн	5	10.0	9.54
Уран	6	19.6	19.22

Открытие Урана подтвердило правило Тициуса–Боде, в котором есть явный намек на пропущенную планету с соответствующей

² Первое издание книги вышло в 1768 г.

щим ей значением $i = 3$. Именно с этого момента предположение о возможности существования планеты в этой части Солнечной системы превратилось в уверенность, и многие европейские ученые занялись поиском таинственной планеты.

Барон фон Цах и обсерватория Зееберг

Поиском предполагаемой планеты озадачился и герцог Эрнст II Саксен-Гота-Альтенбургский (рис. 2). От других герцогов – правителей множества германских государств, его отличала тяга к искусствам и наукам, особенно к физике и математике, серьезно увлекался астрономией [5]. В одной из башен своего замка Фриденштейн (Мирный камень) в Готе он организовал небольшую обсерваторию, оборудовав ее по тем временам неплохим набором инструментов: четыре маятниковых хронометра для фиксирования прохождений звезд, квадрант Клифорда, два зеркальных телескопа Джона Шорта, построенные по системе Грегори, два ахроматических рефрактора и октант Джесса Рамсдена [6].

В своей резиденции Эрнст II часто организовывал астрономические конференции, на которые съезжались известные ученые тех времен, вел с ними активную переписку. Причем активно помогала мужу в его делах герцогиня Шарлотта, принцесса Саксен-Майнингемская, разделявшая интересы супруга и увлекавшаяся науками [7].

При общении с Жозефом де Лаландом, авторитетным ученым из Франции, герцог посетовал на то, что ему не хватает астрономических знаний и что он хотел бы взять к себе на работу дипломированного астронома. На что Ж. де Лаланд посоветовал ему



Рис. 2. Герцог Эрнст II Саксен-Гота-Альтенбургский Herzog Ernst II von Sachsen-Gotha-Altenburg (30.01.1745–20.04.1804).

пригласить австрийского подданного, венгра, свободно владевшего немецким, барона Франца фон Цаха.

Барон родился в городе Пеште, получил блестящее образование. Три года служил в австрийской армии как специалист по геодезии и военному инженерному делу. С 1783 по 1786 г. работал в Лондоне в качестве домашнего учителя в семье посла и астронома Ганса Брюля в посольстве Саксонии в Англии. Именно там, вдохновленный открытием Урана, он серьезно увлекся астрономией. За это время Ф. фон Цах (рис. 3) получил степень доктора философии и юриспруденции в Оксфордском Университете и начал научную деятельность, опубликовав в 1785 г. в английском журнале «*Philosophical Transactions of Royal Society*» (Философские труды королевского общества) результаты нескольких астрономических наблюдений. Именно



Рис. 3. Франц Ксавер, барон фон Цах Franz Xaver von Zach (04.06.1754–02.09.1832).

эти результаты не ускользнули от внимания Ж. де Лаланда [8].

По приезде в Готу в 1786 г. Ф. фон Цаху стало ясно, что для проведения полноценных наблюдений обсерватории в замке герцога недостаточно и требуется строительство новой современной обсерватории. Эта идея была горячо поддержано Эрнстом II, и вскоре на горе Зееберг в часе езды от замка развернулось строительство обсерватории, завершившееся в 1791 г. Ф. фон Цах стал офицером герцогства в звании майора, придворным астрономом и назначен директором новой обсерватории. На постройку обсерватории герцогом было выделено 36 тыс. талеров, на приобретение инструментов около 20 тыс. талеров [6, 9].

Здание обсерватории, построенное по проекту архитектора Карла Бессера, состояло из центрального корпуса с Меридианным залом с широкими и высокими проемами, открывавшими

вид на южную и северную части горизонта, с двумя жилыми двухэтажными пристройками по бокам и наблюдательной башней, вход в которую был из Меридианного зала (рис. 4). Башня замыкалась поворотным куполом. Ф. фон Цах занимал помещение в левом крыле здания и вел холостяцкий образ жизни. В правом крыле находились комнаты прислуги, охраны и конюшни.



Рис. 4. Обсерватория Зееберг под Готой (около 1800 г.).

В четырех помещениях главного корпуса помимо Меридианного зала размещались квадранты, пассажный инструмент Джесса Рамедена с фокусным расстоянием в 2,4 м, астрономические часы Арнольда и основные часы Муджа и Даттона и множество других астрономических и метеорологических инструментов. Под куполом в башне был установлен вертикальный круг Кэрри. Четвертое помещение главного корпуса было единственным отопляемым, оно служило местом отдыха астрономов. Отсюда имелся выход в левое крыло здания, в котором жил директор.

В обсерватории работали трое слуг и две служанки, в распоряжении директора имелись экипажи и четыре лошади. Охраняли

обсерваторию трое солдат во главе с сержантом. На содержание обсерватории герцог ежегодно выделял 40 тыс. талеров, из которых 4 % шло на зарплату директору [9].

Помимо увлечения поиском новой планеты Ф. фон Цах много занимался астрометрическими наблюдениями. Издал собственный каталог звезд и таблицу движения Солнца, снабженную значительным числом новых точных определений положений светила. С помощью секстанта определил координаты многих населенных пунктов.

Кипучая деятельность директора, его неумная энергия вкупе с финансовой поддержкой герцога привели к тому, что очень скоро обсерватория в Готе стала одним из центров астрономической науки в Европе. Уже в 1798 г. здесь состоялся первый европейский астрономический конгресс, на который съехалось 15 астрономов, среди которых был и Ж. де Лаланд.

В 1974 г. Ф. фон Цах был избран не только почетным членом Петербургской академии наук, но и почетным членом Шведской королевской академии наук.

В стенах обсерватории активно обучали перспективную молодежь. Например, при Ф. фон Цахе адъютантом был Иоганн Буркхардт, а во времена директорства фон Линденау – Франц Энке.

В 1798 г. Ф. фон Цах стал выпускать журнал «*Allgemeine Geographische Ephemeriden*» (4 тома, 1798–1799), который с 1800 г. был заменен журналом «*Monatliche Correspondenz zur Beförderung der Erd- und Himmels-Kunde*» (Ежемесячная корреспонденция для содействия географии и астрономии) (рис. 5) – [2, 9].



Рис. 5. Первая страница журнала «*Monatliche Correspondenz...*».

Одной из целей издания журнала являлась публикация всех сведений, которые в какой-нибудь мере касались поиска планеты между орбитами Марса и Юпитера. На страницах журнала, который выходил раз в полгода, Ф. фон Цах размещал переписку астрономов, их наблюдения, вычислительные результаты и т. д. Этим он надеялся этим ускорить обнаружение искомой планеты.

Журнал издавался и после того, как в 1807 г. Ф. фон Цах оставил свой пост директора обсерватории. Дело в том, что в 1804 г. умер покровитель барона – герцог Эрнст II. У вдовы герцога Шарлотты не заладились отношения с наследником, ее сыном Августом. В 1806 г. она вынуждена была навсегда покинуть Готу и забрала с собой барона в качестве своего дворецкого. Сначала она уехала в Марсель, а затем переехала в Геную, где и закончился ее земной путь.

Даже там, на чужбине, барон не оставлял любимого занятия – астрономии. В Марселе он помог построить в пригороде обсерваторию, а в Генуе с 1818 по 1826 гг. издавал свой третий журнал «*Correspondance astronomique, géographique, hydrographique, et statis-tique*». Всего вышло 15 томов этого журнала, после чего под давлением ордена иезуитов он был закрыт. После смерти герцогини в 1827 г. Ф. фон Цах покинул Геную и переехал в Париж, где в 1832 г. умер от холеры. На кладбище «Пер Лашес» над его могилой до сих пор стоит плита, установленная его учеником и другом Бернхардтом фон Линденау [10].

Журнал «*Monatliche Correspondenz...*» с 1807 по 1813 гг. выходил под редакцией Б. фон Линденау – преемника Ф. фон Цаха на посту директора обсерватории Гота. Но после ухода Ф. фон Цаха с поста директора, не испытывая от нового герцога столь же горячей поддержки, как от Эрнста II, обсерватория вскоре потеряла статус центра астрономической науки в Европе. Кроме того, здание обсерватории начало разрушаться. Песчаник, из которого были сложены стены обсерватории, не способен долго противостоять воздействию штормов. В 1810 г. во избежание разрушения были разобраны наблюдательная башня и часть корпусов, а оставшаяся часть вскоре перестроена (рис. 6).

В 1822 г. директором обсерватории стал Ф. Энке. Однако через три года перспективного астронома пригласили в Берлин на более престижную должность. Директором стал Петер Ганзен, известный своими работами в области небесной механики.

Поскольку работать в здании обсерватории стало невозможно, в 1859 г. П. Ганзен открыл новую обсерваторию в Готе на Ягер-

штрассе, на месте бывшей дворцовой кузницы (рис. 7). Для строительства обсерватории он использовал материалы разобранного меридианного зала старой обсерватории на горе Зееберг. На этом история обсерватории на горе Зееберг подошла к концу [9].



Рис. 6. Обсерватория Зееберг (1835 г.).



Рис. 7. Обсерватория Ганзена (1859 г.).

Оставшийся жилой корпус бывшей обсерватории был передан под ресторан, который в 1901 г. сгорел. В 1904 г. ресторан был перестроен, и под названием «Alte Sternwarte» (Старая обсерватория) существует и поныне. Местные остряки, глядя на перестройку обсерватории в ресторан, шутили: «Гастрономия следует за астрономией» [9]. А ведь когда-то на это место стекалась вся информация о первых астероидах, по сути, это был первый Центр малых планет. И все же впоследствии возле здания ресторана рядом с меридианным камнем благодарные потомки установили памятную плиту в честь герцога Эрнста II и первого директора обсерватории барона Ф. фон Цаха.

За всю последующую историю обсерватория не смогла достичь той известности, которой она пользовалась при ее первом директоре, возможности для развития были весьма скромные. В 1934 г. обсерватория Ганзена на Ягерштрассе была закрыта, а здание передано под жилой дом. В 1945 г. здание было разрушено в результате налета англо-американской авиации, но позже восстановлено. Сейчас оно является одним из достопримечательностей Готы [9].

Лициентальское общество и «небесная полиция»

В 1798 г. на собрании в обсерватории на горе Зееберг 15 астрономов обсуждали проблему поиска планеты между орбитами

Марса и Юпитера. Проблема заключалась в том, что поиски планеты в одиночку, отдельными наблюдателями или обсерваториями, были весьма неэффективны. На собрании была поддержана идея Ж. де Лаланда (рис. 8) о создании «небесной полиции» (*Himmels Polizei*) – команды наблюдателей, которая должна была заняться поиском недостающей планеты.

Идея заключалась в том, что небесная сфера в полосе $\pm 7^\circ$

Идея была хорошей, но до ее воплощения прошло два года.

Лишь 20 августа 1800 г. в пригороде Бремена – Лилиентале собрались шесть астрономов из Бремена, Лилиенталья, Целле и Готы: барон Ф. фон Цах, Иоганн Шретер, Вильгельм Ольберс, Карл Хардинг, барон Фердинанд фон Энде, Иоганн Гилдемейстер. Результатом совещания было создание «Лилиентальского общества» (*Vereinigte Astronomische Gesellschaft*), цель которого состояла в координации наблюдений астрономов Европы в поиске планеты. Ими был составлен список 24 наблюдателей, в который вошли шестеро участников совещания, а также такие известные астрономы как Иоганн Боде, Уильям Гершель, Шарль Мессье, Федор Шуберт из Санкт-Петербурга и др. В списке были и два друга, итальянцы Барнаба Ориани и Джузеппе Пиаци. Председателем общества был выбран И. Шретер, а секретарем – Ф. фон Цах [2, 3].³



Рис. 8. Жозеф Жером Лефрансуа де Лаланд Joseph Jérôme Lefrançois de Lalande (11.07.1732–04.04.1807).

³ Полный список 24 наблюдателей «небесной полиции»: И. Боде (Берлин), И. Хут (Франфурт-на-Одере), Г. Клогель (Галле), Ю. Кох (Данциг), И. Вурм (Блауберен), Ф. фон Энде (Целле), И. Гилдемейстер (Бремен), К. Хардинг (Лилиенталь), В. Ольберс (Бремен), И. Шретер (Лиленталь), Ф. фон Цах (Гота), И. Бюрг (Вена), Т. Бугге (Копенгаген), Д. Меландерхельм (Стокгольм/Уппсала), Й. Сванберг (Уппсала), Ф. Шуберт (Санкт-Петербург), И. Буркхардт (Париж), П. Мешен (Париж), Ш. Мессье (Париж), К. Тюли (Марсель), Н. Маскелайн (Гринвич), У. Гершель (Виндзорская Топь), Б. Ориани (Милан), Дж. Пиаци (Палермо).

Не удивительно, что именно И. Шретера (рис. 9) выбрали председателем общества: во-первых, он был основателем Лилиентальской обсерватории, во-вторых, считался специалистом по наблюдениям планет. Хотя изначально он не думал быть астрономом, посвятить свою жизнь изучению планет его подтолкнуло открытие Урана в 1781 г.

И. Шретер первым обнаружил аномалии в фазах Венеры (эффект Шретера⁴), сделал многочисленные зарисовки поверхности Марса, Луны. К сожалению, в 1813 г. Лилиенталь оказался в эпицентре боевых действий армии Вандама, наполеоновского генерала, и обсерватория И. Шретера вместе с его трудами стorerела.

Этот удар немецкий астроном воспринял тяжело и через три года умер [11].

В Европе в начале XIX в. шли беспощадные наполеоновские войны, в огне битв горели города и обсерватории, нанося огромный вред науке и обществу. Частые боевые действия, а также пестрая, быстро меняющаяся политическая карта Европы также сильно влияли и на переписку между людьми: корреспонденция из одной страны в другую шла порой месяцами. Поэтому Дж. Пиацци так и не получил приглашение от Лилиентальского общества. Ф. фон Цах лишь в письме к Б. Ориани от 29 мая 1801 г. пригласил его и Пиацци вступить в общество [3].

Лилиентальское общество (*Astronomische Gesellschaft*) существует до сих пор в Геттингене, и целью его, как и было задумано основателями в 1800 г., является «продвижение науки путем поддержки программ, требующих систематической координации между многими людьми» [12].



Рис. 9. Иоганн Иероним Шрёттер Johann Hieronimus Schröter (30.08.1745–29.08.1816).

⁴ Эффект Шретера заключается в запаздывании или опережении наступления момента дихотомии (фаза 0.5) на несколько дней относительно предварительных расчетов. Наблюдается у нижних планет (Меркурий и Венера). Причина этого явления кроется в рассеивании солнечного света вдоль терминатора планеты.

Джузеппе Пиаци и обсерватория в Палермо

Пока письма с приглашениями от общества рассылались по адресатам, эпицентр событий, относящихся к поиску неизвестной планеты, переместился в Палермо и был теперь связан с именем итальянского астронома. Джузеппе Пиаци (рис. 10) родился в 1746 г. в Понте-ди-Вальтеллина, что на севере Италии, в одной из самых богатых семей региона. Учился в Турине. Затем в 1768–1770 гг. обучался математике, философии и богословию в Доме Театинов в Риме. В 19 лет стал монахом ордена Театинов. Там же он познакомился с другим будущим астрономом – Барнаба Ориани (рис. 11), с которым подружился на всю жизнь.



Рис. 10. Джузеппе Пиаци Giuseppe Piazzi (07.07.1746–22.07.1826).



Рис. 11. Барнаба Ориани Barnaba Oriani (17.07.1752–12.11.1832).

В июле 1770 г. Дж. Пиаци стал руководителем факультета математики в университете Мальты. С декабря 1773 по начало 1779 г. читал лекции по философии и математике в колледже Нобили в Равенне.

После короткого периода, проведенного в Кремоне и Риме, в марте 1781 г. Дж. Пиаци обосновался в Палермо в качестве лектора по математике в местном университете, где 18 января 1787 г. становится профессором астрономии [3].

С марта 1787 г. по конец 1789 г. Дж. Пиаци жил за границей, где познакомился с известными французскими и английскими астрономами. Привез из Англии самый современный в то время инструмент – азимутальный круг Джесса Рамсдена (диаметр круга 1.5 м, рефрактор $D = 75$ мм, $F = 1.5$ м). Этот инструмент, с помощью которого была открыта Церера, до сих пор хранится в музее Палермской обсерватории практически в неизменном виде, лишь в 1855 г. был заменен окуляр (рис. 12) [3]. Свою первую астрономическую работу на тему влияния долготы обсерватории на наблюдения относительно Гринвича, как и Ф. фон Цах, Дж. Пиаци опубликовал в Лондоне в журнале «*Philosophical Transactions of Royal Society*» в 1789 г. [13].



Рис. 12. Азимутальный круг Дж. Рамсдена, с помощью которого Дж. Пиаци открыл Цереру.

Привезенный инструмент должен был дать существенный толчок в реализации давней мечты Дж. Пиаци – постройке обсерватории в Палермо. Место для обсерватории было очень выгодным – она стала бы самой южной в Европе, и в отличие от других европейских обсерваторий для наблюдений была бы доступна большая часть неба южного полушария.

Однако уговорить Фердинанда, короля Неаполя и Сицилии, выделить необходимые средства на постройку обсерватории оказалось делом не легким. Король считал, что и так платит Дж. Пиаци хорошие деньги, и предлагал ему построить обсерваторию за собственный счет. Не сразу, но благодаря уговорам покровителя Дж. Пиаци из своего ближнего окружения, Фердинанд согласился выделить необходимую сумму.

Наконец, в Пизанской башне (башне Святой Нинфы) Нормандского дворца в Палермо в 1790 г. по высочайшему повелению короля обсерватория была построена (рис. 13) – [3].

С помощью своего азимутального круга Дж. Пиацици составил каталог 7646 звезд с большой точностью, которые были опубликованы во втором издании «*Praecipuarum stellarum inerrantium positiones mediae ineunte seculo XIX*» в 1814 г.⁵

После открытия Цереры отношение Фердинанда к Дж.

Пиацици и его обсерватории изменилась. Теперь нужды в средствах итальянский астроном не испытывал. Более того, Дж. Пиацици стали доверять более ответственные должности. В 1817 г. он по распоряжению Фердинанда построил обсерваторию Каподимонте в Неаполе и был назначен генеральным директором обсерваторий королевства Обеих Сицилий. В 1803 г. Дж. Пиацици награжден премией им. Ж. де Лаланда Парижской академии наук. В 1805 г. он стал иностранным почетным членом Петербургской академии наук.

С 1817 г. и до самой смерти Дж. Пиацици жил в Неаполе, но похоронен в пантеоне храма Сан-Доменико в Палермо.



Рис. 13. Обсерватория Дж. Пиацици (1804 г.).

Открытие Цереры

1 января 1801 г. Дж. Пиацици в процессе составления каталога звезд занимался отслеживанием 87-й звезды в созвездии Тельца из каталога Николая де Лакайля (La Caille)⁶.

Примерно в 9 часов вечера он заметил маленькую звездочку 7-й звездной величины, которой не было ни в его каталоге, ни в каталоге Майера. Он решил проследить за ней.

⁵ Первое издание в 1803 г. насчитывало 6748 звезд.

⁶ Свой каталог звезд Николай де Лакайль составил, когда работал в Южной Африке на Мысе Доброй надежды. Каталог де Лакайля опубликован в качестве приложения к каталогу туманностей Мессье, который вышел в свет в 1784 г.

На следующий день этой звезды на месте не оказалось, она сместилась на $4'$ по прямому восхождению и на $3.5'$ по склонению. Третий день наблюдений показал, что ошибки нет – звезда движется. С 5 по 9 января была плохая погода, наблюдения были невозможны. 10 января Дж. Пиацци обнаружил поблизости предполагаемого места пять звезд примерно одинакового блеска. Проследив траекторию с 1 января, он нашел «беглянку».

Почти две недели движение было попятным, но 12 января произошло стояние, и звезда перешла на прямое движение. Такое перемещение по небу характерно для планет. Но не было видно ни диска (если это планета), ни комы (если это комета). Это сильно озадачило Дж. Пиацци, и он решил осторожно написать о своем открытии. 24 января Дж. Пиацци написал об открытии странной звезды и привел результаты наблюдений в письмах к Б. Ориани (дошло 5 апреля) и И. Боде (дошло 20 марта).

13 февраля Дж. Пиацци заболел, и наблюдения прекратились. За шесть недель наблюдений объект сместился на 4° и его вид остался неизменным.

Однако первым, кто узнал об открытии, по-видимому, был Ж. де Лаланд. 27 февраля он прочитал маленькую заметку в «*Journal de Paris*» об открытии странной кометы, которую опубликовал Дж. Пиацци (рис. 14). 11 апреля по просьбе Ж. де Лаланда Дж. Пиацци послал ему наблюдения, которые дошли лишь 1 мая. В переписке с французским астрономом наблюдения странной звезды получили И. Буркхардт, Г. Ольберс и другие астрономы [2, 3, 14].

По наблюдениям, присланным Дж. Пиацци, И. Боде (рис. 15), построил круговую орбиту новой «кометы», которая легла между орбитами Марса и Юпитера. И. Боде вероятно, был первым, кто подумал о том, что эта «комета», может быть искомой планетой. О своей догадке 26



Рис. 15. Иоганн Элерт Боде Johann Elert Bode (19.01.1747–23.11.1826).

Et qu'une autre société eût de poursuivre l'effort qui étoit en suite, le l'événement détachement de son Kerkles, qui tomba sur les voleurs, les dispersa, s'empara du butin, & s'éloigna des marchands, qui alloient en voir en eux leurs fructueux.

Histoire. — Rome, 21 février. Le C^{te} Reinhard, ministre de France, avoit fait remettre au conseil législatif une note relative à l'unité de la république helvétique. On avoit févoir que le conseil a fait à cette note une réponse dont voici la substance.

Le conseil législatif veut, avant de prendre aucune mesure par rapport à la république helvétique, comme le principal fondement de sa constitution; en conséquence, il est disposé à travailler toujours librement de tout son pouvoir à régler tous les rapports des différents cantons en un seul & même corps de nation, régi par une même volonté & autorité; former une haute magistrature; il désire que plusieurs administrations, municipales & judiciaires des cantons, jouent en moins de compétence, selon que les circonstances l'exigent, mais sous la réserve expresse de Romme que l'unité de la souveraineté de l'Helvétie ne sera point permise entralée. Et que toute l'autorité devienne aux cantons dépositaire de la puissance centrale comme de la source, & y retournera comme à son centre.

Le conseil législatif a donné cette déclaration à l'unanimité. Tous les membres se sont levés dans le même moment, & ont par le même enthousiasme. On les amène au minute cette opinion précisée, en lui laissant que le conseil exécutif gardera copie, tant de sa note adressée au corps législatif, que de cette déclaration solennelle.

*

Suisse. — Palerme, 13 janvier. Le 1^{er} de ce mois, il a été découvert de notre observation, une nouvelle comète dans l'épaule du Taureau, près la 19^{me} étoile de Mayer. On l'a observée les 1, 2, 3 & 4, à son passage au méridien. Quoiqu'elle ne soit couverte d'aucune espèce de tache nébuleuse, cependant on ne peut l'apercevoir à la simple vue. Son mouvement est rétrograde; elle s'avance vers le nord.

ACTES DE L'AUTORITÉ CONSULAIRE.

Arrêt du 2 janvier. — Les consuls de la République française:

— Arr. 1^{er}. Il sera établi sur le Simplon & le Mont-Cenis un douane-poste à celui qui existe sur le grand St-Bernard. Les hospices seront fournis par les villages du même côté que ceux du grand St-Bernard. Il se pourra y avoir moins de 25 hommes dans chaque hospice. On les remplira selon la même mesure, & tous à observer les mêmes

devois envers les voyageurs que ceux du grand St-Bernard.

II. Les hospices du grand-St-Bernard, du Simplon & du Mont-Cenis, ne formeront qu'une seule maison, sous les ordres du même supérieur.

III. Chaque gouvernement piémontais & cisalpin détachera l'ordre du grand St-Bernard de biens-fonds, rapportant 20,000 de revenu, certains entrera en jouissance de ces biens le 1^{er} janvier prochain.

IV. Le ministre de l'intérieur de la république française fera verser dans la caisse de ce même 20,000 dans le courant de l'année, & 20,000 dans le courant de l'année prochain, époque à laquelle ces deux hospices devront être en pleine activité. Les sommes seront employées à la construction & établissements de ces deux hospices.

V. Le général Trossard, chargé d'ouvrir une communication entre le Simplon & la Cisalpine, les préfets du Léman & de Mont-Blanc donneront à l'ordre toutes les facilités nécessaires pour les constructions & l'organisation de ces deux hospices.

VI. Les ministres de l'intérieur de ces républiques cisalpiennes sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté.

Le premier consul, signé BONAPARTE. Par le ministre des cultes, le secrétaire-d'état, signé M. B. MARAT.

TRIBUNAT. — Séance du 12 vendém.

PRÉSIDENCE DE SAVOYE-ROLLET.

Sur les rapports des tribuns Legendes & Pénières, le tribunal vote l'adoption de deux projets de loi, concernant des échanges 1^{er} entre l'hospice de St-Chamond, département de la Loire & le C^{te} Roux; 2^o, entre l'hospice de Valenciennes & le C^{te} Anselme.

On renvoie à une commission un projet de loi, transmis par le corps législatif, concernant la partie susceptible des traitements des fonctionnaires publics & employés civils.

On procède à un scrutin d'élection pour la présentation d'un candidat au sénat concurrent. Grégoire a réuni 30 suffrages; le général Marville 30, Desmeuniers 20, Treillard 22 personne n'ayant obtenu la majorité; il sera procédé à un second tour de scrutin.

La séance est ajournée au 14.

CORPS LÉGISLATIF. Séance du 11 vendém.

Présid. de LAFAYE (de Mayne-&-Loire.)

Le conseiller d'état Emery vient présenter un projet de loi, tendant à déclarer que les traitements des fonctionnaires publics & employés civils seront établis jusqu'à concurrence de 7^{ms} sur les premiers mille francs d'impôts; au-delà sur les 500^{ms} suivants, & au tiers sur la portion excédant 500^{ms}, à quatre centimes

Рис. 14. Страница 982 «Journal de Paris» с заметкой Дж. Пиаци (отмечена *) [14]: * Сицилия – Палермо, 15 января. 1 числа сего месяца в нашей обсерватории на плече Тельца возле 19-й звезды Майера была открыта новая комета. Она наблюдалась 1-го, 2-го, 3-го и 4-го, как она проходила меридиан. Хотя она не покрыта каким-нибудь туманным пятном, тем не менее, она не может быть видна невооруженным глазом. Ее движение ретроградное; она движется к северу (перевод автора).

марта он дал объявление на заседании Прусской академии наук, а также сообщил об этом открытии Ф. фон Цаху, который в июне опубликовал в «*Monatliche Correspondenz...*» соответствующее сообщение и элементы круговой и эллиптической орбиты, вычисленные уже к тому времени И. Буркхартом.

Многие астрономы поверили, что искомая планета найдена. Но ближе к лету планета подошла на близкое угловое расстояние к Солнцу, и наблюдать ее стало невозможно. Встал вопрос о ее возможности переоткрытия после того, как она отдалится от Солнца. Проблема заключалась в том, что обнаружить планету до наступления неблагоприятных условий никто так и не смог – элементы орбиты, данные Дж. Пиаци, оказались неточными. Ж. де Лаланд первым высказал подозрение, что Дж. Пиаци нарочно искажил некоторые наблюдения, чтобы другие наблюдатели не могли найти его звезду. Вскоре Ж. де Лаланда поддержали и другие астрономы, а кое-кто стал сомневаться в реальности самого открытия, сделанного Дж. Пиаци [3, 14].

У Дж. Пиаци были причины так поступить. Во-первых, к тому времени покровители Дж. Пиаци в Палермо отвернулись от него, и судьба его обсерватории висела на волоске. Любая ошибка, вынесенная на публику, могла привести к закрытию обсерватории и краху всех надежд итальянского астронома. Во-вторых, планету между орбитами Марса и Юпитера жаждали открыть многие европейские астрономы. Точные наблюдения могли легко быть перехвачены каким-нибудь нечестным ученым, и с их помощью планета могла быть переоткрыта и выдана за собственное открытие. К слову сказать, ненайденной еще планете уже давали имена. Например, И. Боде называл искомую планету «Юноной», Ф. фон Цах с герцогом Эрнстом II – «Герой».

Ориани в письме от 25 июля сообщил об этом Дж. Пиаци. В ответном письме от 25 августа Дж. Пиаци написал, что назвал планету Церера Фердинандова (*Cerere Ferdinanda*) – в честь покровительницы Сицилии богини плодородия Цереры и короля Фердинанда: «... Если немцы думают, что у них есть право называть открытия, сделанные кем-то другим, то они могут называть мою новую звезду так, как они хотят: что касается меня, то я на-всегда дал ей имя Церера и был бы очень признателен, если бы Вы и ваши коллеги сделали бы то же самое...» [3]. По-видимому, 25 августа 1801 г. было первое письменное упоминание имени Церера.

Открытие Цереры: как это было

Лишь когда шумиха вокруг открытия достигла апогея и приоритет Дж. Пиацци стал неоспорим, он решился передать Ф. фон Цаху все 22 точных наблюдения, полученные за 41 день, которые барон опубликовал в сентябрьском выпуске «*Monatliche Correspondenz...*» на с. 280 (рис. 16) – [2, 3].

Beobachtungen des am Februar 4^{ten} 1801. v. Prof. Piazzi von entdeckten Gefirge.

1801	Mittlere Sonnen-Zeit	Große Ausföhrig. in Zeit	Umschlag-Eigung. in Grad.	Nördl. Abw. in Grad.	Rechnung-fähige Länge	Rechte	Orth. der Sonne + 10 ² Aberration	Logar. d. Distanz ☉ &
Jan.	1 8 41 37.4	1 27 11.25	51 47 48.8	15 27 45.5	1 23 22 28.2	1 5 44.1	9 11 1 30.9	9.992156
	2 3 19 4.0	1 26 52.95	51 43 27.8	15 41 35.6	1 22 19 44.2	1 3 34.9	9 12 2 18.4	9.992117
	3 8 34 21.1	1 26 39.44	51 39 20.0	15 44 11.6	1 21 16 28.6	1 28 9.9	9 13 3 15.6	9.992114
	4 13 50 44.1	1 26 23.19	51 35 47.3	15 47 57.6	1 20 14 19.0	1 21 24.6	9 14 4 24.9	9.992118
	16 8 6 15.9	1 25 22.47	51 32 1.5	16 10 31.0	1 21 7 49.1	1 20 0.6	9 20 10 17.5	9.9921764
	21 8 2 47.6	1 25 29.71	51 28 35.8	16 22 49.5	1 23 19 47.6	1 16 59.7	9 21 11 41.5	9.9921490
	23 7 34 26.4	1 25 39.20	51 25 24.8	16 27 35.7	1 22 12 1.2	1 14 56.7	9 24 14 12.3	9.9921109
	16 7 20 24.7	1 25 41.72	51 23 55.8	16 40 13.0
	17 1 25 13.1	1 25 46.7	51 22 45.0
	19 7 31 28.3	1 26 8.13	51 33 27.3	16 40 16.1	1 23 25 59.2	1 55 36.2	9 29 19 43.8	9.9920677
	21 7 34 2.7	1 26 34.27	51 38 24.1	16 38 28.9	1 23 34 21.3	1 44 6.0	10 1 20 40.2	9.9921434
	23 7 16 31.7	1 26 50.43	51 41 31.2	17 1 13.5	1 23 39 1.6	1 43 24.1	10 2 21 52.0	9.9921256
	23 7 16 40.6	1 27 8.93	51 46 43.5	17 8 5.5	1 23 44 19.7	1 18 52.1	10 3 28 22.7	9.9922148
	28 6 58 21.1	1 28 34.37	51 33 28.3	17 23 54.1	1 24 48 16.7	1 21 8.9	10 8 28 20.1	9.9925052
	30 6 31 22.0	1 29 48.14	51 27 2.1	17 43 11.0	1 24 30 9.0	1 14 16.0	10 10 27 46.2	9.9921312
	31 6 48 46.4	1 29 47.21	51 24 18.8	17 48 21.5	1 24 38 7.1	1 10 24.6	10 12 28 28.3	9.9927007
Febr.	1 6 44 59.0	1 29 47.21	51 41 48.0	17 53 16.3	1 24 46 10.2	1 7 20.9	10 13 39 9.6	9.9921703
	2 6 41 25.8	1 31 19.66	51 49 45.9	17 59 37.0	1 24 54 57.9	1 8 11.3	10 15 49 43.0	9.9924131
	5 6 31 27.3	1 32 2.70	51 55 49.5	18 15 1.0	1 25 22 43.8	0 51 4.0	10 16 21 45.7	9.9920731
	8 6 31 39.2	1 34 38.50	51 44 37.9	18 17 22.2	1 25 53 29.5	0 45 2.0	10 19 11 23.2	9.9921276
	11 6 11 28.1	1 37 9.24	51 16 28.1	18 47 38.1	1 26 25 49.0	0 26 4.9	10 22 25 44.4	9.9924823

Рис. 16. Страница 280 «*Monatliche Correspondenz...*», содержащая наблюдения Цереры, полученные Дж. Пиацци⁷.

Однако оставалась еще одна сложность: как построить точную орбиту по трем наблюдениям, полученным на короткой дуге. В то время умели хорошо определять лишь круговую орбиту, существовал метод определения параболических орбит, разработанный Г. Ольберсом. Разработанный в 1780 г. П.-С. Лапласом метод определения эллиптической орбиты хорошо работал лишь для наблюдений, разбросанных на большом временном интервале, и для ряда наблюдений Цереры, полученных Дж. Пиацци, был малопродуктивен.

⁷ В первом столбце таблицы указана дата наблюдения; во втором – среднее солнечное время на местном меридиане, St – час; в третьем – прямое восхождение, ч; в четвертом – прямое восхождение, град; в пятом – склонение (склонение в северном полушарии); в шестом и седьмом – геоцентрические долготы и широты; в восьмом – направление на Солнце, включает в себя абберацию; в девятом – десятичный логарифм расстояния от Земли до Солнца, увеличенный на 10. Z в шестом и восьмом столбцах означает номер зодиакального созвездия. Форма записи угловой величины, включающая в себя Z, описывается на с. 26.

Как Гаусс определил орбиту Цереры

В сентябре 1801 г. молодой Иоганн Карл Фридрих Гаусс (рис. 17), еще малоизвестный математик из герцогства Брауншвейг, но считавшийся весьма талантливым ученым, решил вплотную заняться этой задачей. В дальнейшем результаты определения орбиты Цереры принесли ему всемирную известность.

Однако исходный метод, которым К. Ф. Гаусс определил орбиту планеты, является предметом многолетних споров, которые, вероятно, никогда не прекратятся. К. Ф. Гаусс не опубликовал метод, с помощью которого он вычислил тогда орбиту. В своей более поздней работе, «*Theoria Motus Corporum Coelestium in sectionibus conicis solem ambientium*» [15], вышедшей в свет в 1809 г., он объявил, что фактически уничтожил все записи того решения, чтобы разработать новую математически изящную методику для астрономической практики.



Рис. 17. Иоганн Карл Фридрих Гаусс
Johann Carl Friedrich Gauss (30.04.1777–
23.02.1855).

И все же коллеги К. Ф. Гаусса настойчиво просили его дать обзор исходного решения. В конце концов он их просьбу выполнил в 1802 г. в виде эссе, которое, однако, было опубликовано лишь спустя годы в статье «*Summarische Übersicht der zur Bestimmung der Bahnen der beiden neuen Hauptplaneten angewandten Methoden*» (Суммарный обзор по определению орбит обеих новых больших планет прикладным методом) [16]. Методика, представленная в эссе, подверглась К. Ф. Гауссом определенной очистке. Например, из других источников известно, что для вычисления элементов орбиты К. Ф. Гаусс использовал метод последовательных приближений, но в «*Summarische Übersicht*»

решение приведено в виде системы линейных уравнений. Сама же статья расценена потомками как рождение современной линейной алгебры.

Так как же К. Ф. Гаусс это сделал, в чем заключалась идея его метода?

Изначально в его руках тогда были только наблюдения Дж. Пиацци и три закона Кеплера. Из всего ряда наблюдений для определения орбиты новой планеты К. Ф. Гаусс выбрал три (табл. 2).

Табл 2. Наблюдения, выбранные К. Ф. Гауссом для определения орбиты.

Наблюдения	Дата	Время	α	δ
t_1	2 января 1801 г.	20 ^h 39 ^m 04 ^s .6	51°47'49"	15°41'05"
t_2	22 января 1801 г.	19 ^h 20 ^m 21 ^s .7	51°42'21"	17°03'18"
t_3	11 февраля 1801 г.	18 ^h 11 ^m 58 ^s .2	54°10'23"	18°47'59"

На каждый из этих моментов (t_1, t_2, t_3) известно положение Земли, которые обозначаются точками E_1, E_2, E_3 , а также направления на планету из этих точек, вектора которых обозначены как L_1, L_2, L_3 (рис. 18).

Из первого закона Кеплера следует, что планета должна двигаться в некоторой плоскости, проходящей через Солнце в точке O под некоторым углом к плоскости эклиптики. Пересечение векторов L_1, L_2, L_3 с этой плоскостью и дает искомые положения планеты P_1, P_2, P_3 . Чтобы определить эти положения, нужно найти расстояния этих точек либо от Земли, либо от Солнца. В первую очередь, необходимо найти расстояние OP_1 , с помощью которого будет вычислить и остальные два расстояния.

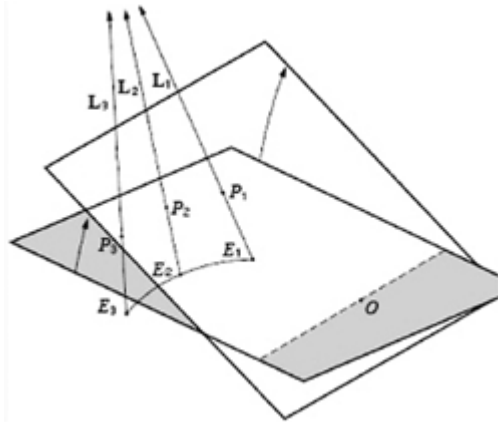


Рис. 18. Пересечение направлений на планету – векторов L_1, L_2, L_3 с плоскостью орбиты планеты [17].

Для начала используем второй закон Кеплера. Время, которое затрачивает планета на прохождение дуг P_1P_2 , P_2P_3 , P_1P_3 , пропорционально площади секторов орбиты, которые они описывают (S_{12} , S_{23} , S_{13} соответственно) (рис.19). Отсюда следует, что

$$\frac{S_{12}}{S_{23}} = \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_2}, \quad \frac{S_{12}}{S_{13}} = \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_1}, \quad \frac{S_{23}}{S_{13}} = \frac{t_3 - t_2}{t_3 - t_1},$$

где t_1, t_2, t_3 – моменты прохождения планетой точек P_1, P_2, P_3 . Поскольку эти моменты известны (табл. 2), то

$$\frac{S_{12}}{S_{23}} = 0.94952, \quad \frac{S_{12}}{S_{13}} = 0.48705, \quad \frac{S_{23}}{S_{13}} = 0.51295.$$

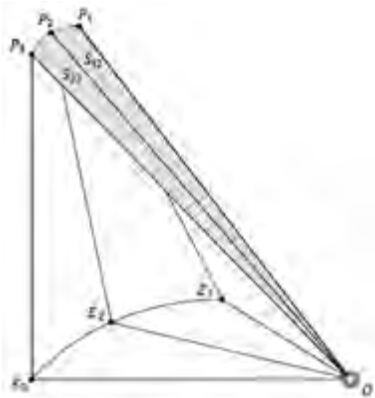


Рис. 19. Сектора OP_1P_2 , OP_2P_3 и OP_1P_3 [17].

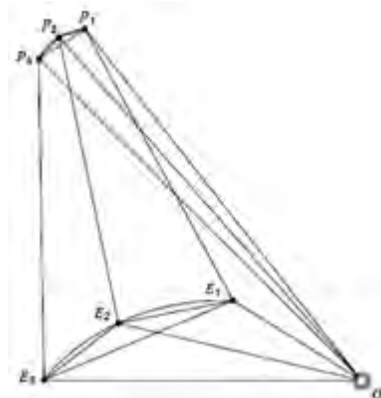


Рис. 20. Треугольники OP_1P_2 , P_2P_3 и OP_1P_3 [17].

Таким образом, даже не зная параметров орбиты можно определить отношение площадей ее секторов. В некотором приближении сектор можно аппроксимировать треугольником (рис. 20) и соответственно площадь сектора определить путем вычисления площади треугольника. Пусть площади треугольников OP_1P_2 , OP_1P_3 и OP_2P_3 равны T_{12} , T_{13} и T_{23} соответственно.

Рассмотрим плоскость орбиты планеты. Путем построения отрезка P_1C , параллельного OP_3 , и отрезка P_3C , параллельного OP_1 , можно из треугольника OP_1P_3 построить параллелограмм OP_1CP_3 .

Кроме того, через точку P_2 можно провести отрезки Q_3F , параллельный отрезкам OP_1 и P_3C , а также отрезок Q_1E , параллельный отрезкам OP_3 и P_1C (рис. 21). Очевидно, что площадь треугольника OP_1P_3 составляет половину площади параллелограмма OP_1CP_3 , а площади треугольников OP_1P_2 и OP_2P_3 равны половине площадей параллелограммов OQ_3FP_1 и OP_3EQ_1 соответственно.

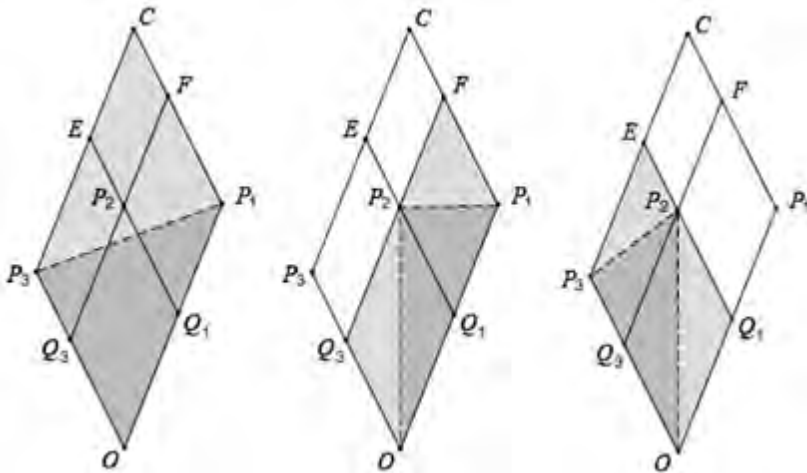


Рис. 21. Площади треугольников и параллелограммов [17].

Отношение длин отрезков OQ_3 и OP_3 равно отношению площадей параллелограммов OQ_3FP_1 и OP_1CP_3 . Следовательно, можно сделать вывод, что

$$\frac{OQ_1}{OP_1} = \frac{T_{23}}{T_{13}} = 0.51295. \quad \text{так же, как и} \quad \frac{OQ_1}{OP_1} = \frac{T_{23}}{T_{13}} = 0.51295.$$

Рассмотрим теперь треугольник OP_3E_3 , в котором проведем отрезок Q_3F_3 , параллельный отрезку P_3E_3 (рис. 22). Исходя из подобия треугольников OP_3E_3 и OQ_3F_3 , можно определить отношение отрезков OF_3 к OE_3 :

$$\frac{OF_3}{OE_3} = \frac{OQ_3}{OP_3} = 0.48705.$$

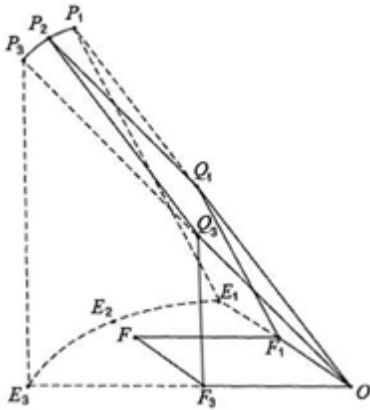


Рис. 22. Треугольник OP_3E_3 , в котором отрезок Q_3F_3 параллелен отрезку P_3E_3 , и треугольник OP_1E_1 , в котором отрезок Q_1F_1 параллелен отрезку P_1E_1 [17].

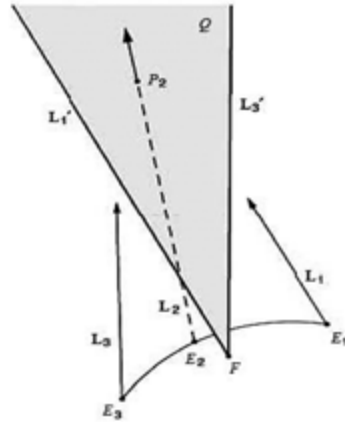


Рис. 23. Пересечение плоскости Q с вектором L_2 в точке 2-го положения планеты на орбите P_2 [17].

Аналогичным образом получим точку F_1 на отрезке OE_1 , в результате чего становится известным отношение OF_1 к OE_1 :

$$\frac{OF_1}{OE_1} = \frac{OQ_1}{OP_1} = 0.51295. \quad (1)$$

Точки E_1 и E_3 – положения Земли на ее орбите, поэтому длины отрезков OE_1 и OE_3 , представляющие собой расстояния Земли от Солнца, известны. А значит из (1) можно определить длину отрезков OF_1 и OF_3 и соответственно положение точек F_1 и F_3 .

Построим в плоскости эклиптики отрезок FF_3 , параллельный OF_1 , и отрезок FF_1 , параллельный отрезку OF_3 . В результате получим параллелограмм OF_1FF_3 . Поскольку положение трех вершин фигуры известны, то координаты четвертой – точки F – легко определяются.

Проведем из точки F луч L'_1 , параллельный лучу L_1 , исходящего из точки E_1 в направлении точки P_1 , и L'_3 , параллельный лучу L_3 , исходящего из точки E_3 в направлении точки P_3 . В результате можно получить уравнение плоскости Q , содержащей направления L'_1 , L'_3 и точку F (рис. 23).

Плоскость Q имеет пересечение с вектором L_2 в точке P_2 – искомой точке 2-го положения планеты на орбите. А поскольку урав-

нение этого вектора тоже известно, то определить прямоугольные координаты точки P_2 уже не составляет большого труда. Теперь осталось только определить координаты остальных двух точек.

Обозначим на векторе \mathbf{L}'_1 фиктивное первое положение планеты P'_1 и на векторе \mathbf{L}'_3 фиктивное 3-е положение планеты P'_3 таким образом, чтобы отрезок FP'_1 имел точно такую же длину, как у отрезка E_1P_1 , а длина отрезка FP'_3 была равна длине отрезка E_3P_3 (рис. 24). Теперь все три положения планеты находятся в одной плоскости Q , и можем построить параллелограмм с вершинами в точках F, P_2, Q'_1 и Q'_3 . Причем отрезок FQ'_1 параллелен и равен отрезку Q'_3P_2 , а отрезок FQ'_3 параллелен и равен отрезку Q'_1P_2 (рис. 25).

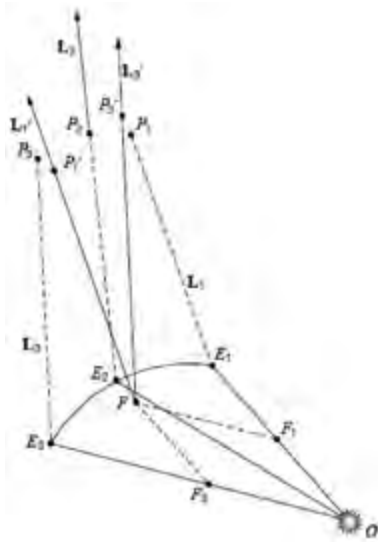


Рис. 24. Фиктивные положения планеты P'_1 и P'_3 на векторах \mathbf{L}'_1 и \mathbf{L}'_3 [17].

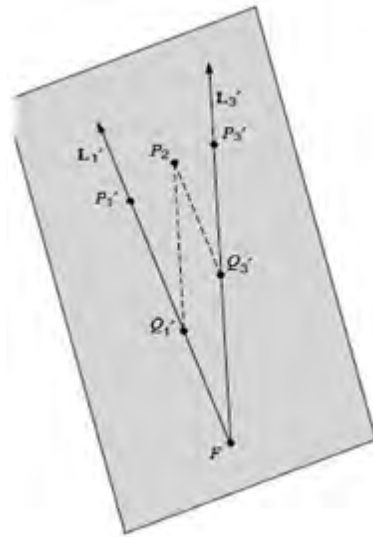


Рис. 25. Параллелограмм $FQ'_3P_2Q'_1$ [17].

Зная уравнения векторов $\mathbf{L}'_1, \mathbf{L}'_3$, можно определить угол между ними, а поскольку координаты точек F и P_2 уже известны, то несложно вычислить координаты оставшихся двух точек и длины отрезков FQ'_1 и FQ'_3 .

Кроме того, на основе предыдущих выводов легко показать, что

$$\frac{FQ'_1}{FP'_1} = \frac{T_{23}}{T_{13}}, \quad \frac{FQ'_3}{FP'_3} = \frac{T_{12}}{T_{13}}.$$

Это означает, что длины отрезков FP'_1 и FP'_3 , которые представляют собой искомые геоцентрические расстояния крайних положений планет, становятся известными. Таким образом, координаты всех трех положений планеты были вычислены, чего К. Ф. Гаусс и добивался.

В самых первых вычислениях К. Ф. Гаусс допускал равенство площадей секторов и аппроксимирующих их треугольников. Однако оставалась одна сложность, которая смущала великого ученого. Дело в том, что если в некотором приближении можно пренебречь разницей в площадях секторов OP_1P_2 и OP_2P_3 (рис. 26 а) и их аппроксимирующих треугольников (рис. 26 б), то для большого сектора OP_1P_3 (рис. 26 в) разница в площадях с его аппроксимирующим треугольником (рис. 26 г) будет заметно больше. Для того, чтобы добиться хорошей точности в определении орбиты планеты, необходимо было эту поправку найти.

К. Ф. Гаусс блестяще справился и с этой проблемой, получив следующее выражение:

$$\frac{S_{13}}{T_{13}} \approx 1 + \left(2 \times \frac{\pi^2 \times (t_2 - t_1) \times (t_3 - t_2)}{r_2^3} \right), \quad (2)$$

где r_2 – расстояние от O до P_2 .

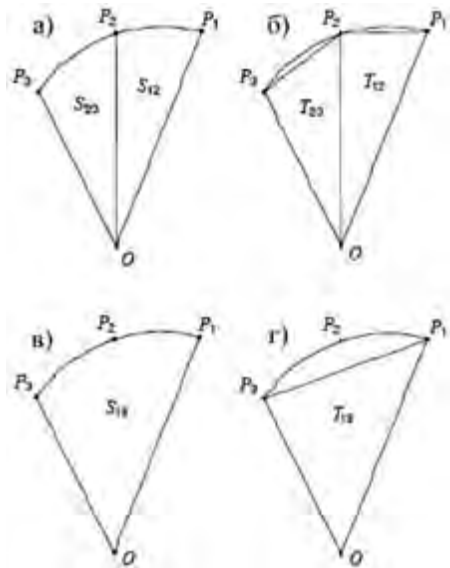


Рис. 26. Сектора и их аппроксимирующие треугольники [17].

Задача решается с помощью итерации: на первом шаге, приведенным выше методом в предположении равенства площадей сектора и аппроксимирующего треугольника вычисляется r_2 , затем по формуле (6) определяется новое отношение площадей сектора и треугольника; на втором шаге, используя новое значение S_{13}/T_{13} , вычисляется значение r_2 в следующем приближении и т. д.

Кроме того, К. Ф. Гаусс усовершенствовал методику перевода прямоугольных координат планеты в элементы орбиты, математический аппарат которой был опубликован в «*Theoria Motus*» [15].

Помимо публикации самого К. Ф. Гаусса [16] с приведенным здесь методом подробно можно ознакомиться, например, в статье [17].

Подтверждение открытия Цереры

В ноябре 1801 г. Ф. фон Цах получил от К. Ф. Гаусса новые элементы новой планеты, которые он опубликовал в «*Monatliche Correspondenz...*». Элементы были следующие [18, 19]:

- наклон орбиты $i = 0^{\circ}10'3''$ ($10^{\circ}3'57''$);
- долгота восходящего узла Средняя долгота на эпоху 1801 г. $L = 2^{\circ}16'28''$ ($76^{\circ}28'$)⁸;
- средняя аномалия $M_0 = 3^{\circ}15'55''$ ($105^{\circ}55'$);
- долгота афелия эксцентриситет $e = 0.0825017$;
- уравнение центра и большая полуось $a = 2.76728$;
- период обращения вокруг Солнца $P = 1681^d 12^h 09^m$ (4.602 г.)

Для некоторых угловых величин приведена оригинальная форма числовой записи, использовавшаяся в то время, которая включает в себя параметр Z – номер зодиакального созвездия. Чтобы получить современную форму записи, которая приводится далее в скобках, Z необходимо умножить на 30 и сложить с величиной, следующей за Z .

В табл. 3 приведены элементы орбиты, полученные другими астрономами (Ф. фон Цахом, Г. Ольберсом, И. Буркхардтом, Дж. Пиаци), до сентябрьского выпуска «*Monatliche Correspondenz...*», в котором были опубликованы истинные наблюдения Дж. Пиаци [14]. Поскольку удовлетворительной теории определения орбиты по короткой дуге (примерно 3°) в то время не существовало, вычислялись элементы круговой орбиты. Лишь И. Буркхардт попытался применить собственную теорию, но без большого успеха.

⁸ На эпоху 1 января 1801 г. пакет AMPLE 3 дает значение $L = 80^{\circ}17'28''$.

Табл. 3. Элементы орбиты Цереры, полученные различными авторами и с помощью программного пакета AMPLE 3.

Элемент орбиты	Автор/ дата					
	Фон Цах, май 1801	Ольберс, июнь 1801	Бурхардт, июнь 1801	Пиаци, авг. 1801	Гаусс, нояб. 1801	AMPLE 3, 2011
$\pi + 180^\circ$	66°55'	67°40'	68°59'	68°46'	326°27'38"	329°17'45"
Ω	55°43'	81°55'	80°58'	80°46'	81°00'44"	83°37'47"
i	6°14'	7°14'	10°47'	10°51'	10°36'57"	10°37'55"
a , а.е.	3.071	2.94746	2.5743	2.6862	2.76728	2.76603
P , г.	5.382	5.0409	4.13	4.535	4.602	4.599
e	–	–	0.0364	–	0.0825017	0.0805411

В предпоследнем столбце приведены результаты Гаусса, полученные по сентябрьским публикациям наблюдений, а в последнем столбце – соответствующие оскулирующие элементы Цереры на эпоху 11 января 1801 г., вычисленные на основе наблюдений Цереры с 1802 по 2011 гг. Оскулирующие элементы орбиты Цереры на эпоху 11 января 1801 г. вычислены с помощью программного пакета AMPLE 3, разработанного в ИПА РАН [20].

Сравнивая значения двух последних столбцов, можно увидеть, что К. Ф. Гаусс весьма точно определил элементы орбиты искомой планеты, что впоследствии помогло ее отыскать. Результаты же других исследователей

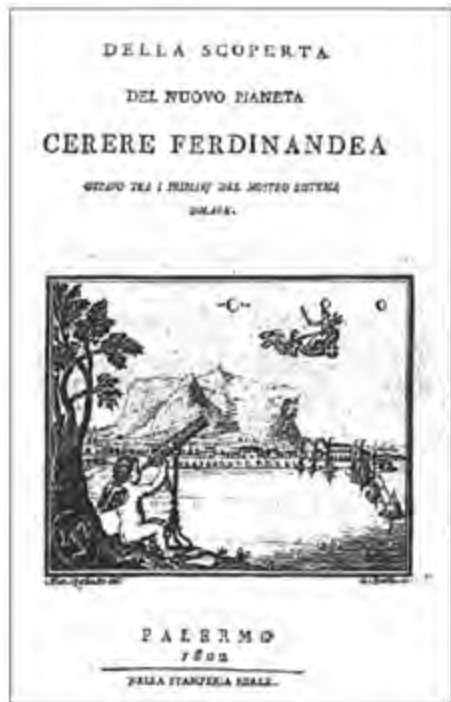


Рис. 27. Сообщение Дж. Пиаци о своем открытии Цереры (1802 г.).

сильно отличаются от истинных, что не удивительно, поскольку они пользовались «неточными» наблюдениями, присланными ранее Дж. Пиацци. Поэтому отыскать Цереру на небе им никак не удавалось.

7 декабря Ф. фон Цах, используя результаты К. Ф. Гаусса, всего в полуградусе от вычисленного положения впервые увидел Цереру, но еще не был в этом уверен. В последующие ночи он не смог наблюдать – испортилась погода. Лишь 31 декабря он смог продолжить наблюдения и снова обнаружил Цереру. 1 января 1802 г. Г. Ольберс также увидел Цереру. Спустя ровно год после первого наблюдения открытие Дж. Пиацци наконец-то было подтверждено! В дальнейшем и другие астрономы тоже смогли наблюдать Цереру [2, 14].

Имя, предложенное Дж. Пиацци, было одобрено астрономическим обществом, однако, была принята только первая часть названия. Например, в письме к Б. Ориани от 25 февраля 1802 г. Ф. фон Цах написал: «... я продолжу называть ее Церерой, но я прошу Пиацци отбросить «Фердинандова», потому что оно великовато» [3].

В 1802 г. Дж. Пиацци опубликовал работу, посвященную открытию Цереры (рис. 27). Открытие Цереры принесла Дж. Пиацци всемирную славу. Итальянскому астроному была оказана честь быть запечатленным в картинах и скульптурах (рис. 28 и 29).



Рис. 28. Джузеппе Пиацци и муза Урания, указывающая на Цереру. Ф. Фарина. 1811 г.



Рис. 29. Портрет Дж. Пиацци с Церерой. Дж. Веласко, 1803 (?) г. 60.5×70 см.

Последствия открытия Цереры

28 марта 1802 г. Генрих Ольберс (рис. 30) наблюдал слабые звезды в созвездии Девы, чтобы иметь возможность определить относительно них положения Цереры. Неожиданно он обнаружил звезду 7-й величины, которой не было во время его наблюдений этой части неба в январе. Через два часа наблюдений он обнаружил, что звезда сместилась в своем положении на небе.

Через два дня Г. Ольберс уже был уверен, что это новая планета. Он назвал ее Палладой. Ф. фон Цах, получив от Г. Ольберса данные, подтвердил открытие наблюдениями 4 апреля. Хотя вторым, кто еще 30 марта увидел Палладу, был И. Шретер. Вскоре и многие другие астрономы тоже ее наблюдали [14].

Паллада удивила астрономов большим наклоном своей орбиты, более 10° . Г. Ольберс первым высказал предположение, что эти две планеты – обломки другой, более крупной. И должны последовать открытия новых планет, что вскоре и подтвердилось. Из письма Ф. фон Цаха Дж. Пиацци от 8 апреля 1802 г.: «... благодаря Вам, мы сделали все эти открытия, без Вашей Цереры не было бы Паллады. Без Паллады нет будущих открытий любого из нас. Это новая область!» [3].



Рис. 30. Генрих Вильгельм Маттеус Ольберс Heinrich Wilhelm Matthäus Olbers (11.10.1758–02.03.1840).



Рис. 31. Карл Людвиг Хардинг Karl Ludwig Harding (29.09.1765–31.08.1834).

После открытия Паллады У. Гершель предложил называть новые объекты «астероидами» (звездopodobными). Но это название закрепилось наряду с малыми планетами лишь в середине XIX в.

Наблюдая из обсерватории в Лилиентале небо в окрестности созвездий Девы и Кита, где пересекаются орбиты Цереры и Паллады, 1 сентября 1804 г. Карл Хардинг (рис. 31), ученик и ассистент И. Шретера, открыл 3-й астероид. Наконец имя «Юнона» обрело свою планету.

В 1805 г. К. Хардинг получил должность профессора астрономии в Геттингене, где помогал К. Ф. Гауссу в его научных исследованиях.

29 марта 1807 г. Г. Ольберс⁹, наблюдая окрестности той области неба, где были обнаружены Церера, Паллада и Юнона, открыл четвертый, и свой второй, астероид. К. Ф. Гаусс дал имя четвертому астероиду – Веста.

Заключение

Многое в этой истории произошло впервые: открыт астероид, точно определена его орбита по короткой дуге, построена обсерватория с конкретной целью поиска планеты... Но самое важное заключается в том, что была организована одна из первых в истории международная научная программа, привлекавшая к сотрудничеству большое число астрономов из разных стран Европы. Совместная работа Ж. де Лаланда со своим учителем Н. Лакайем по определению параллакса Луны, по всей видимости, и подсказала светилу французской науки эту замечательную идею. Важно и то, что эта идея не потерялась в те трудные времена войн и разрушений, а была поддержана и реализована другими учеными, в частности, Ф. фон Цахом и И. Шретером. Благодаря им было создано Лилиентальское общество, составлена научная программа наблюдений, организовано взаимодействие, разосланы письма.

Трудно сказать, что было бы, если Дж. Пиацци получил бы письмо от Лилиентальского общества до 1 января 1801 г. Если

⁹ Г. Ольберс в истории науки известен также как автор фотометрического парадокса Ольберса-Шезо: если Вселенная бесконечна, однородна и стационарна, то взгляд наблюдателя в любом направлении наткнется на звезду, т. е. все небо должно быть сплошным образом заполнено яркими светящимися точками звезд. В результате ночное небо должно ярко светиться. Но почему-то наблюдается темное небо лишь с отдельными звездами. Парадокс разрешился в XX в. с открытием расширяющейся Вселенной.

бы итальянский астроном взялся бы сразу искать планету, вполне вероятно, что ее бы нашел кто-то другой в другое время, и обязательно Цереру. К тому же наклон орбиты первого астероида более 10° , и Церера во время ее поисков, вполне могла находиться вне поисковой зоны в $\pm 7^\circ$ по эклиптической широте.

Может показаться, что У. Гершель открыл Уран случайно и Дж. Пиацци обнаружил Цереру тоже случайно. Однако развитие оптических средств и возрастающая интенсивность наблюдений рано или поздно привели бы к этим открытиям. Случайность заключается лишь в том, что открыть первый астероид мог бы кто-то другой, в другое время и в другом месте. Тот же Ф. фон Цах, например, вполне мог первым открыть свою «Геру». К слову, впоследствии обнаружилось, что Цереру фиксировали в наблюдениях задолго до Дж. Пиацци, но не придавали значение слабой звездочке. Однако именно Дж. Пиацци довел свои наблюдения до логического конца, и случайное открытие новой звезды вечером 1 января 1801 г. превратилось в целое направление в исследованиях Солнечной системы.

Список литературы

1. *Kepler J.* *Mysterium Cosmographicum* // Transl. A. M. Duncan. New York: Abaris Books. 1981. 267 P.

2. *Dorsey T.* *The Astronomical Heritage of Scientific Method. The Case of the Discovery of the Orbit of Ceres.* 2008 // URL: <http://wlym.com/~animations/ceres/PDF/Interim/AstronomyIntroII.pdf>.

3. *Foderà Serio G., Manara A., Sicoli, P.* Giuseppe Piazzi and the Discovery of Ceres // *Asteroids III* / eds. W. F. Bottke Jr., A. Cellino, P. Paolicchi, R. P. Binzel. Tucson, Arizona: University of Arizona Press. 2002. P. 17–24.

4. *Hoskin M.* Bode's Law and the discovery of Ceres // *Physics of Solar and Stellar Coronae: G. S. Vaiana Memorial Symposium* / eds. J. F. Linsky, S. Serio, Dordrecht, Boston: Kluwer Academic Publishers. 1993. P. 36–46.

5. URL: [http://de.wikipedia.org/wiki/Ernst_II._\(Sachsen-Gotha-Altenburg\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Ernst_II._(Sachsen-Gotha-Altenburg)).

6. *Wolfschmidt G.* Zach's instruments and their characteristics // *Acta Historica Astronomiae.* Frankfurt am Main, Deutsch. 2004. Vol. 24. P. 83–96.

7. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Princess_Charlotte_of_Saxe-Meiningen.

8. *McConnel A.* Franz Xaver von Zach in England // *Acta Historica Astronomiae.* Frankfurt am Main, Deutsch. 2004. Vol. 24. P. 34–44.

9. URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Seeberg-Sternwarte>.

10. *Brosche P.* *Der Astronom der Herzogin. Leben und Werk von Franz Xaver von Zach 1754–1832* // *Acta Historica Astronomiae.* Frankfurt am Main, Deutsch. 2001. Vol. 12.

11. URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Johann_Hieronymus_Schröter.

12. URL: <http://www.astronomische-gesellschaft.org/en>.

13. URL: http://www.encyclopedia.com/topic/Giuseppe_Piazzi.aspx.

14. *Cunningham C.J.* *Jousting for Celestial Glory. The Discovery and Study of Ceres and Pallas.* Surside, Florida: Star Lab Press. 2004. 485 P.

15. *Гаусс К. Ф.* Теория движения небесных тел, обращающихся вокруг солнца по коническим сечениям // Пер. с лат. Догеля. М. 1861. С. 112.

16. *Gauss C. F.* *Summarische Übersicht der zur Bestimmung der Bahnen der beiden neuen Hauptplaneten angewandten Methoden* // *Monatliche Correspondenz, herausgeg. Freiherr von Zach.* Werke. 1809. Vol. 6. P. 148–165.

17. *Tennenbaum J., Director B.* How Gauss Determined the Orbit of Ceres // *FIDELIO Magazine.* Washington, D.C.: The Schiller Institute, 1998. Vol. VIII. № 2 (Summer). URL: http://schillerinstitute.org/fid_97-01/982_Gauss_Ceres.html. P. 4–88.

18. *Barlow P.* *A New Mathematical and Philosophical Dictionary: comprising an explanation of terms and principles of pure and mixed mathematics, and such branches of natural philosophy as are susceptible of mathemat-*

ical investigation. With historical sketches of the rise, progress and present state of the several departments of these sciences, and an account of the discoveries and writings of the most celebrated authors, both ancient and modern. London. 1814. 772 P.

19. *Forbes E.* Gauss and the Discovery of Ceres // *Journal for the History of Astronomy*. Cambridge, UK: St Edmund's College. 1971. Vol. 2. P. 195–199.

20. *Железнов Н. Б., Новиков Ф. А. и др.* AMPLE 3 – многоцелевой программный пакет для исследования малых планет и комет // *Труды ИПА РАН*. СПб: ИПА РАН. 2011. Вып. 21. С. 230–235.

Отделение физических наук

Н.Б. Железнов

Открытие Цереры: как это было

Формат 60 x 84/16
Гарнитура Таймс
Усл. печ. л. 2,7. Усл. изд. л. 2,5
Тираж 20 экз.

Издатель – Российская академия наук

Подготовлено к печати
Управлением научно-издательской деятельности РАН

Отпечатано на оборудовании Управления делами РАН

Издано в авторской редакции

Издается в соответствии с распоряжением
президиума Российской академии наук
от 24 октября 2017 г. №10106-765,
распространяется бесплатно.