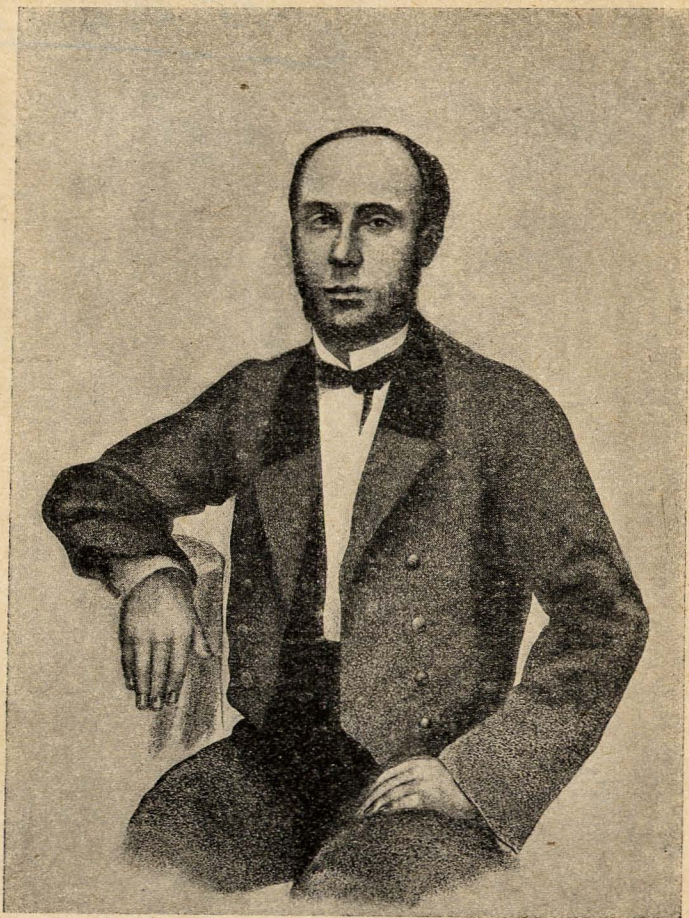


Ф.А.БРЕДИХИН
О ХВОСТАХ
КОМЕТ



Ф. А. Бредихин

КЛАССИКИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ:

И. И. Агола, С. И. Вавилова, М. С. Виноградского,
Б. М. Тессена, М. П. Левина, А. А. Максимова,
А. А. Михайлова, И. П. Роцена, А. А. Хинчина

Ф. А. БРЕДИХИН

О ХВОСТАХ КОМЕТ

с приложением
БИОГРАФИЧЕСКОГО ОЧЕРКА
И СПИСКА ТРУДОВ

Ф. А. Бредихина

ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ
К. Д. Покровского

МОСКВА — ЛЕНИНГРАД
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО

1934

Переплет, суперобложка
и графическая орнаментация книги
художника А. А. ТОЛЮКОННИКОВА

ОТ РЕДАКТОРА

Редакция П. П. ПАРЕНАГО
Оформление О. Н. ПЕРСИЯНИНОВОЙ
Корректурa О. Н. БАРАШКОВА
Выпускающий Р. П. МОРЕВ

Сдано в производство 20/VII 1933 г. Подписано в печать 2/IV 1934 г.
Листов 8^{3/4}. Тираж 3000
Формат 73 × 105. Печатн. знаков в листе 76032
Т-16-5-4. Заказ № 3340. ГТТИ № 50. Уполномоченный Главлита В-77296

1-я Образцовая типография Огиза РСФСР треста «Полиграфкнига».
Москва, Валовая, 28.

ОТ РЕДАКТОРА

Федор Александрович Бредихин был человек разносторонне одаренный, и в области астрономии он интересовался самыми разнообразными вопросами. Но, конечно, всего более он известен своими исследованиями физического строения комет и процессов образования метеоров. Громкую славу ему доставили его стройные теории кометных форм и метеорных потоков. Находясь в непосредственной связи, эти две теории развивались постепенно в длинном ряде отдельных работ, следовавших одна за другой с 1861 до 1904 г., т. е. до самых последних дней Федора Александровича. Магистерская диссертация: «О хвостах комет» может считаться началом этого ряда. В ней Ф. А. Бредихин сопоставил все результаты, полученные им в 1860—1862 гг. Некоторые из них были опубликованы также в журнале «Astronomische Nachrichten»¹, но, к сожалению, самая книга в целом осталась недоступной для иностранных ученых, так как она была издана только на русском языке. Она давно стала библиографической редкостью и для русских читателей, а между тем, изучать Бредихина лучше

¹ Bd. 54 и 55.

с самого начала, чтобы было ясно, каким путем шел исследователь в своих изысканиях, как видоизменялись его воззрения и накапливались результаты. Вот главная причина, почему сочинение «О хвостах комет» выходит теперь в серии «Классиков естествознания». Правда, необходимо было бы осветить и позднейшую стадию исследований Бредихина в области комет, еще более интересную, совершенно оригинальную, самобытную и наиболее богатую результатами, но, к сожалению, сам Бредихин не оставил нам сжатого изложения своей кометной теории, и среди большого числа его работ, печатавшихся в различных изданиях, нельзя выбрать ни одной, которая с достаточной полнотой излагала бы основы теории и все главнейшие результаты. Что касается книги Р. Егермана: «Prof. Dr. Th. Bredichin's Mechanische Untersuchungen über Cometenformen in systematischer Darstellung von R. Jaegermann» (1903), в которой сопоставлены работы Бредихина в исторической последовательности, то она слишком велика по объему и трудно читается вследствие обилия различных подробностей и многих повторений. В этом случае нужно было бы предпринять издание нового, особого труда, в котором исследования Бредихина были бы представлены в более сжатой и выпуклой форме.

Нужно отметить, что в диссертации «О хвостах комет» Ф. А. Бредихин еще не вполне оригинален, что здесь он развивает некоторые такие положения, от которых впоследствии отказался сам; некоторые являются устаревшими в силу изменения наших взглядов в связи с успехами в развитии физики; есть погрешности в изложении, встречаются опечатки. Но вместе с тем это сочинение имеет для нас большое значение и не только по общим соображениям, но также по многим внутренним достоинствам.

В нем мы находим интересный очерк различных кометных явлений, которые могли быть приняты как основные данные для построения общей теории, а также подробную историю вопроса о хвостах комет. В этой же диссертации критически разобраны теория Бесселя и те приложения этой теории, которые были сделаны астрономами Папе и Виннике, исправлены формулы Бесселя и точнее выяснен процесс перехода материи в сторону движения кометы, даны новые, более общие, формулы для случая, если отталкивательные силы, под действием которых образуются хвосты комет, изменяются обратно пропорционально не квадрату расстояния, а третьей, четвертой... и вообще n -й степени расстояния. Ф. А. Бредихин вывел уравнение кривой очертания головы кометы, определил значение отталкивательных сил, под действием которых могли образоваться хвосты комет: 1577 г., 1618 г., 1811 г., 1844 г. (III) и 1853 г. (III), а также наглядно показал, что непонятное искривление хвоста кометы 1861 г. было только кажущееся, равно как и быстрые изменения в общем виде истечения из ядра этой кометы.

Кроме того, Бредихин уделил внимание исследованиям Э. Роша относительно явлений в атмосфере кометы, но эта последняя часть диссертации имеет меньшее значение, потому что дальнейшие работы Бредихина не стоят с ней в непосредственной связи. Ввиду этого я решил в настоящем издании книги IV главу (§ 17—20) пропустить (за исключением одного вывода, который отмечает Бредихин)¹. Соответственно выбираю и те ссылки на эту часть сочинения, которые встречаются в тексте².

¹ Выписка на стр. 148.

Четыре строчки на стр. 72, пять строчек на стр. 75, две строчки на стр. 77, четыре строчки на стр. 143; прибавление второе стр. 215—217 издания 1862 г.

Все явные погрешности и опечатки я считал необходимым исправить. Неточности в изложении и ошибки Бесселя и Папе, не указанные Бредихиным, я отмечаю в подстрочных примечаниях.

Исправлены ошибки в обозначениях на чертежах.

Чтобы не испортить изложения самого автора, пришлось оставить некоторые подробности в описаниях и рассуждениях, которые для данного времени не имеют большого значения. Я считал необходимым удерживать также и характерные для эпохи первого издания особенности языка и только по требованию нового времени ввожу новое правописание.

К книге присоединяются список трудов Ф. А. Бредихина, его портрет по снимку 1859 г. с автографом, биографический очерк и вид Московской обсерватории того времени, когда на ней работал Бредихин.

К. Покровский.

Пулково,

1932 г., сентябрь 18.

Ф. А. БРЕДИХИН

БИОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

К. Д. Покровского

Федор Александрович Бредихин является одним из выдающихся астрономов XIX столетия. Этим именем может по справедливости гордиться русская наука, оно явилось украшением для Московского университета, им прославлена Московская обсерватория. Бредихин оставил яркий след в науке. Это был талант большой и самобытный.

Характер дарований Федора Александровича станет нам более понятен, если мы сравним его с другим знаменитым нашим астрономом — Вильгельмом Струве, создателем Пулковской обсерватории.

В. Я. Струве — немец, родом из города Альтоны. Вместе с Бесселем он является отцом точной астрономии. Приступая к разрешению намеченной задачи, он сам давал идею наиболее пригодного инструмента, он разрабатывал методы исследования инструментов, методы наблюдений, методы их обработки и критической оценки точности полученных результатов. Обладая ясным умом, необычайным трудолюбием, настойчивостью, систематичностью в работе, известного рода тактом и талантом организатора, он создал эпоху

в истории астрономии своими наблюдениями в Дерпте двойных звезд и мог осуществить такие грандиозные предприятия, как измерение дуги дерптского меридиана на протяжении почти 2500 км и постройка мировой обсерватории в Пулкове. Он ясно понимал, какие задачи может ставить себе Пулковская обсерватория при своем северном положении и что нужно сделать, чтобы их выполнить наилучшим образом. Он создал нечто гармонично стройное, что и теперь, по прошествии 93 лет, не может не вызвать удивления и восторга. Здесь все проникнуто гением великого человека: задачи, инструменты, помещения, в которых они находятся, обстановка, специальная вычислительная комната, куда являются астрономы на работу регулярно каждый день в определенное время, парк и аллеи, охватывающие территорию обсерватории с северо-запада, откуда по преимуществу дуют ветры, несущие вредные и для инструментов и для людей влагу и пыль. Здесь все продумано и предусмотрено, все имеет глубокий смысл.

Ф. А. Бредихин, наоборот, — широкая русская натура. Он также работает много, работает планомерно и плодотворно, но в свою работу он кроме богатых идей, ума и упорного труда влагает еще много чувства, работает по увлечению, без немецкой педантичности и соразмерности. Бредихин не любил рамок, избегал формальностей и административными обязанностями тяготился. Прекрасно образованный, живой и интересный собеседник, блестящий лектор, энтузиаст в работе, Бредихин производил чарующее впечатление на всех, кто имел с ним общение. Когда Федор Александрович был занят каким-нибудь вопросом, он весь уходил в дело. С увлечением измерял он звездные скопления, исследовал спектры туманностей и комет, изучал поверхности Марса и Юпитера, часами жарился на солн-

це, наблюдая протуберансы. Бредихин весь горел и во время своих теоретических работ. По несколько дней он почти не выходил из кабинета, поглощенный выводом формул и вычислениями, которые должны были разъяснить заинтересовавшие его явления, писал, чертил, рисовал, строил модели, растирал краски для рисунков и т. д. Своим увлечением он заражал и сотрудников, которые легко откликались на его призыв и с интересом выполняли те или другие работы по его заданию. А когда кончалась работа, Бредихин давал себе отдых: пилил на скрипке, балагурил со знакомыми, переводил в стихах трагедии с итальянского и т. п.

Бредихин не любил рекламы, нигде себя не выставлял и ничего не искал. Требуя от своих сотрудников научной скромности, он в то же время всегда приветствовал личную инициативу и самостоятельность в научных исследованиях. Он всеми силами восставал против необоснованного подчинения чужому авторитету и, в частности, слепому преклонению перед Западом.

Детство и юность Бредихина приходится на время царствования Николая I. Суровые и жестокие приемы воспитания этой эпохи вызывают в нем осуждение, но он отмечает и нечто положительное в этой печальной странице русской истории, именно развитие в сознании молодежи чувства долга. Сам Бредихин очень любил молодежь, и она окружала его всегда до самой смерти. Академик А. А. Белопольский в своих воспоминаниях о Бредихине говорит: «Он прямо очаровывал своих учеников своею личностью, своим остроумием, веселой и живой беседой, тонкой наблюдательностью, простотою обращения: в беседе с ним забывалось его высокое научное и общественное положение. Я до сих пор вспоминаю о времени моего пребывания в обсерватории в Москве в его обществе, в его семье, как о времени, самом отрадном в моей жизни. Там впервые

после университета я понял, что значит труд, одухотворенный идеей, труд упорный, систематический. Там я впервые узнал, что значит научный интерес. Федор Александрович заражал своей научной деятельностью, своим примером, и это была истинная школа, истинный университет для начинающего»¹.

Ф. А. Бредихина как лектора хорошо характеризуют воспоминания одного из его слушателей²:

«Я так ясно вижу переполненную публикой обширную аудиторию Политехнического музея, точно все это происходило лишь вчера. Публика разношерстная. Целое волнующееся море голов, преимущественно учащейся молодежи, среди которой попадаются и почтенные старцы и солидные дамы и даже блестящие военные. Уже 8 часов вечера. Сейчас начнется интересная лекция. Взоры всех обращены на обтянутый полотном экран и на эстраду, где с минуты на минуту должен появиться популярный лектор, имя которого успело прогреметь не только в России, но и за границей... И вдруг аудитория заволновалась, там и сям послышалось несколько сдержанных хлопков, вскоре перешедших в целую бурю единодушных рукоплесканий. Это приветствовали Федора Александровича, который обычной своей спокойной и твердой поступью, высоко держа голову, что придавало всей его довольно плотной фигуре несколько горделивую осанку, поднимался на эстраду. Вот он сделал короткий поклон, обвел глазами публику, и когда в зале все стихло, начал говорить своим приятным, слегка вибрирующим на низких тонах баритоном... Помню, лекция Бредихина произвела на меня очень сильное впечатление. Этот

¹ Некролог, «Известия Академии наук», т. XXI, № 2 (1904, сентябрь), стр. III.

² Б. А. Щетинин, Ф. А. Бредихин, «Исторический вестник», 1904, июль.

небольшого роста человек, крайне подвижный и нервный, с острым, насквозь пронизывающим взглядом зеленовато-серых глаз как-то сразу наэлектризовывал слушателя, приковывал к себе все внимание. Чарующий лекторский талант так и бил из него ключом, то рассыпаясь блестящими сверкающего остроумия, то захватывая нежной лирикой, то увлекаая красотой поэтических метафор и сравнений, то поражая мощной логикой и бездонной глубиной научной эрудиции...»

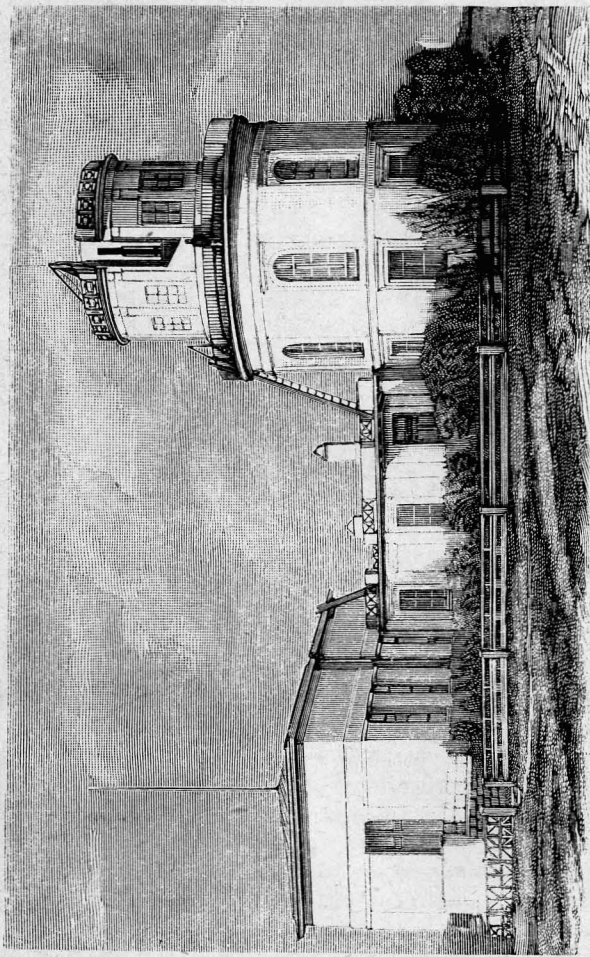
Интересен был Бредихин и в самой обыкновенной беседе. Слог его речи был всегда образный и богатый яркими, сочными выражениями. В преданиях Московской и Пулковской обсерваторий хранится много рассказов о метких словах Бредихина и его импровизациях на различные злободневные темы.

Относительно лекций нужно, впрочем, заметить, что к концу восьмидесятых годов Бредихин стал тяготиться и публичными, и университетскими выступлениями. Будучи отвлечен научной работой, он иногда даже пропускал лекции. К экзаменам он относился формально. При шумном одобрении толпившихся вокруг студентов Бредихин с шутками и прибаутками выставлял четверки и пятерки, почти не задавая экзаменуемым никаких вопросов по курсу. Только для тех, кто хотел заниматься астрономией специально, он предъявлял строгие требования, и далеко не всякий мог добиться разрешения заниматься на обсерватории.

Интересна также простота обстановки, в которой работал Бредихин: обыкновенный письменный стол, простая чернильница и несколько самых нужных книг — никакой специальной библиотеки. Бредихин не собирал книг и многое раздавал из той массы изданий, которая присылалась ему со всех концов мира. Только то, что его интересовало, что непосредственно имело отношение к его работам, он отбирал, систематизи-

ровал и подшивал в папки, на которых собственной рукой делал оглавление содержимого. Все это тщательно сохранялось в небольшом шкафу вместе с различного рода вычислениями.

Родился Ф. А. Бредихин 26 ноября 1831 г. в Николаеве. Его отец Александр Федорович служил во флоте и участвовал в турецкой кампании 1827—1829 гг., но в 1830 г. вышел в отставку и занимался хозяйством в своем имении в Херсонской губернии. Мать Федора Александровича, Антонина Ивановна, была тоже из семьи моряков — родная сестра адмирала Рогули, второго коменданта Севастополя во время его осады. Детство свое Ф. А. Бредихин провел в имении, где и получил первоначальное образование под руководством выдающегося педагога, директора Херсонской гимназии в отставке, З. С. Соколовского. В 1845 г. 14 лет его отдали в закрытый пансион при Ришельевском лицее в Одессе, в 1849 г. он стал студентом лицея. Но лицей не удовлетворял Бредихина, и в 1851 г. он перешел в Московский университет на физико-математический факультет. В университете Федор Александрович занимался с большим интересом физикой и о научной карьере не мечтал; только на последнем курсе, когда проф. Драшусов привлек его к работе на астрономической обсерватории, его призвание определилось. В 1855 г. Бредихин окончил университет, а через два года, когда он выдержал магистерские экзамены, он был уже назначен и. д. адъюнкта по кафедре астрономии. В 1862 г. по защите диссертации под заглавием «О хвостах комет» он удостоен был степени магистра, а в 1865 г. за диссертацию «Возмущения комет, независящие от планетных притяжений» получил степень доктора астрономии. В 1860 г. Федор Александрович женился на Анне Дмитриевне Болоховской, женщине с большими достоинствами, но тонной и



МОСКОВСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ ВО ВРЕМЕНА БРЕДИХИНА

безапелляционной в суждениях, которую молодежь, бывавшая в семье Бредихиных и державшая себя с самим Федором Александровичем просто и непринужденно, всегда несколько стеснялась и побаивалась.

В период 1859—1866 гг. Бредихин жил на Московской обсерватории, но в 1866 г. вследствие недоразумений личного характера с директором Швейцером он покинул обсерваторию. Вскоре после этого он уехал за границу и около года прожил в Италии. Здесь он подружился со знаменитым астрофизиком пезуитом Секки, пионером в области применения спектрального анализа к изучению природы небесных тел и, в частности, солнечных выступов, наблюдениям которых Бредихин посвятил впоследствии много времени.

В 1872 г. Бредихин был избран советом Киевского университета на должность ординарного профессора. Но в Киеве Федор Александрович прожил только несколько месяцев, потому что в 1873 г. умер проф. Швейцер и Бредихин был приглашен на его место обратно в Москву. В Москве Бредихин оставался в качестве профессора университета и директора Астрономической обсерватории до 1890 г., когда он был избран в члены Академии наук и назначен директором Пулковской обсерватории. В 1895 г. он сложил с себя обязанности директора и покинул Пулково, посвятив себя исключительно научным занятиям. Он прожил в Петербурге два года, несколько более года провел на юге — в Одессе — и, вернувшись опять в Петербург, оставался в нем до самой своей смерти в 1904 г.

Научная деятельность Бредихина продолжалась 47 лет (1857—1904). Уже в первых работах его наметилась та область, которая впоследствии привлекала его главное внимание, в которой он сделал так много — это именно процессы, развивающиеся внутри кометы под действием лучей Солнца. Но он не замкнулся в

одной этой области и уделил некоторое внимание также другим вопросам астрономии. В первые годы много времени им отдано было, кроме того, делу преподавания и популяризации знания. Лекции Бредихина как университетские, так и публичные всегда отличались глубиной содержания и изяществом формы. Его блестящие выступления в Московском политехническом музее привлекали массу слушателей. Являясь поборником народного и, в частности, женского образования, Бредихин много лекций читал с благотворительной целью в пользу Женских математических курсов и разных других учреждений. Его перу принадлежит целый ряд научно-популярных статей по астрономии в журналах «Природа», «Русский вестник», «Беседа» и др.

В шестидесятых и семидесятых годах Бредихин принимал живое участие в делах Московского университета по вопросу о пересмотре устава, в качестве декана физико-математического факультета и т. д. Он был одним из членов-учредителей Московского математического общества, деятельным членом, а позднее — президентом и почетным членом Общества испытателей природы, членом Общества любителей естествознания; при его поддержке в 1888 г. возник Нижегородский кружок любителей физики и астрономии, сыгравший такую большую роль в деле распространения знаний в широких массах.

Второй московский период (1873—1890) является особенно продуктивным в деятельности Бредихина. Он всецело связан с пребыванием Федора Александровича на Московской обсерватории, с которой он совсем сроднился, полюбив ее нежно. Здесь он развил кипучую деятельность наблюдателя, здесь ярко проявился его творческий талант.

Вступив в управление Московской обсерваторией, Бредихин тотчас же положил основание периодичес-

кому изданию «Annales de l'observatoire de Moscou» и за 17 лет издал 12 томов, две трети содержания которых составляют его собственные работы. В первом и четвертом томах «Анналов» были напечатаны результаты наблюдений, произведенных Швейцером, Хандриковым и Бредихиным на Меридианном круге. Наблюдения эти были предприняты в 1858 г. по предложению директора Пулковской обсерватории и имели целью определение точного положения звезд 7-й и 8-й величины. Бредихин не имел склонности к астрометрии, но то обстоятельство, что он при первых шагах своей астрономической карьеры принял участие в такой работе, имело для него большое значение. Инструмент, на котором Бредихин наблюдал главным образом, это рефрактор. С помощью микрометра Бредихин определял на рефракторе положение малых планет и комет, измерял звездные скопления и изучал поверхности Марса и Юпитера, а заменяя микрометр спектроскопом, исследовал спектры туманностей и наблюдал солнечные протуберансы. Большое внимание уделил Бредихин, между прочим, знаменитому красному пятну на Юпитере и на основании своих наблюдений предложил интересное объяснение этому загадочному образованию, считая его гигантским куском шлака на раскаленной поверхности планеты, зачатком твердой коры, которая должна покрыть планету. Бредихин с необыкновенной настойчивостью и прилежанием каждый день, когда было видно Солнце, в течение одиннадцатилетнего периода наблюдал и зарисовывал солнечные выступы. Чтобы не прерывать этих наблюдений даже в вакационное время, он приобрел себе четырехдюймовый рефрактор Мерца с соответствующим спектроскопом и установил его в имени своей жены «Погост», где он проводил лето. Впоследствии Бредихин продал этот инструмент на льготных условиях Нижегородскому

кружку любителей физики и астрономии, в пользовании которого он находится и в настоящее время.

В 1882, 1883, 1888 и 1889 гг. Бредихин занимался определением силы тяжести с помощью поворотного маятника Релсольда в Москве, в «Погосте» и в Рязанской губернии.

Блестящие «звездные дожди» 1866 и 1872 гг. вызвали у астрономов большой интерес к метеорам. Бредихин был одним из первых, организовавших систематические наблюдения падающих звезд, главным образом — потока Персеид. Наблюдения эти производились в течение нескольких лет и послужили Бредихину как материал для проверки основных выводов созданной им теории происхождения метеоров.

В «Анналах» Московской обсерватории были напечатаны и главнейшие работы Бредихина по теории кометных форм. Эти исследования развивались последовательно и планомерно. Интересно проследить их эволюционный ход. Сначала, применяя формулы Бесселя, Бредихин вычислил для 50 комет, относительно которых он мог достать более или менее определенные данные, значения скоростей частичек материи, изливающейся из ядра кометы при приближении ее к Солнцу, и значения тех отталкивательных сил, которыми отбрасываются затем эти частицы в хвост. Когда он сопоставил полученные результаты, то заметил, что значения скоростей истечений и отталкивательных сил согласно разбиваются на три группы. Он устанавливает три группы кометных хвостов. Хвосты I типа — прямые, мало отклоняющиеся от прямой, соединяющей комету с Солнцем, состоят из частиц, вышедших из ядра с большой сравнительно скоростью (несколько меньше 10 км в секунду) и отброшенных назад отталкивательной силой Солнца, которая в 18 раз больше силы ньютоновского притяжения. Хвосты II типа —

в виде изогнутого рога, могут образоваться под действием отталкивательных сил порядка 2,2—0,5 на частицы, изливающиеся из ядра со скоростью 2 км в секунду. Коротким, еще более широким и еще более отклоненным хвостам III типа соответствуют малые отталкивательные силы, менее 0,3 ньютоновского притяжения, и начальные скорости изливающейся из ядра частиц оказываются порядка 0,6—0,3 км в секунду.

Бредихин высказал при этом интересную догадку, что отталкивательные силы Солнца обратно пропорциональны молекулярным весам частиц, изливающихся из ядра материи. Отсюда выходит, что различие во внешнем виде хвостов обуславливается различным химическим составом. Хвосты I типа должны состоять из наиболее легкого вещества, по предположению Бредихина — из водорода, хвосты II типа из металлоидов и легких металлов, хвосты III типа — из частиц тяжелых металлов.

По предположению Бредихина отталкивательная сила Солнца, отбрасывающая кометные частицы в хвост, могла быть электрического происхождения, но судить в определенной форме о природе этой силы он не решился. Точно так же он не настаивал на безусловной точности данного им распределения веществ в различных хвостах комет, полагая, что при дальнейшем развитии физики для этого могут быть новые данные. Первые спектроскопические наблюдения установили наличие в кометах непрерывного спектра Солнца и так называемого спектра Свана, состоящего из трех светлых полос — желтой, зеленой и голубой. Спектр этот приписывался углеводородам. Что в состав комет могут входить и другие вещества, об этом и речи не было в семидесятых годах XIX столетия. Бредихин первый на основании теоретических соображений указал, что в комете может оказаться и железо, и натрий, и пр.

И действительно, вскоре это подтвердилось. Ряд астрономов, в том числе сам Бредихин, наблюдал в спектре кометы 1882 г. (I) легкую желтую линию, которая, несомненно, принадлежала натрию. В спектре кометы 1882 г. (II) оказалась также линия железа.

Следующим крупным достижением Бредихина был вывод новых формул для более точного вычисления движения выброшенной из ядра кометы частицы и расщедования большого числа сложных загадочных явлений, наблюдавшихся в некоторых кометах, как, например, волнистость в очертаниях хвоста, фигура в голове кометы в виде греческой буквы «гамма», поперечные полосы в хвосте, шестикратный хвост кометы 1744 г., и движущиеся облачные массы в хвосте кометы 1882 г. (II). Бредихин доказал, что все эти странные и совершенно непонятные на первый взгляд явления могут быть объяснены просто и наглядно в числах на основании созданной им механической теории. Бредихин обратил также внимание на аномальные хвосты комет, т. е. такие придатки у головы, которые направлены не в противоположную от Солнца сторону, а наоборот, к Солнцу. Он видел в них собрание более тяжелых частиц, которые не могли быть отброшены назад, а движутся около Солнца так же, как ядро под действием силы притяжения, лишь несколько ослабленной силой отталкивательной. В связи с этим Бредихин развил свою знаменитую теорию образования метеоров из комет, гораздо более общую, чем теория Скиапарелли. Скиапарелли видел только один источник образования метеорного потока—именно разделения кометы на мелкие части (случай кометы Биелы). По Бредихину же—это только частный случай, вообще же метеоры могут образовываться из кометы не только тогда, когда она, рассыпавшись на мелкие частицы, перестает существовать как комета, они могут выделяться из нее в различные

моменты в силу различных внутренних процессов в ядре, когда комета приближается к Солнцу и подвергается большему или меньшему нагреванию. В силу толчка, который получают частицы при взрыве, путь ее должен несколько измениться, она пойдет по орбите, уже отличающейся от той, по которой движется комета. При известных условиях может получиться орбита метеоров в виде эллипса с коротким временем обращения. Таким образом даже параболическая комета, которая ушла и никогда уже не вернется к нам, может оставить в некоторых случаях в солнечной системе рой или несколько роев маленьких телец, которые движутся по замкнутым орбитам и периодически встречаются с Землей. Бредихин не удовлетворился разработкой общих вопросов, но нашел объяснение и таким явлениям, как большие в некоторых случаях размеры площади радиации, смещение радианта по небу и т. п. В специальном трактате Бредихин показал также, каким образом могут образоваться периодические кометы путем отделения некоторых частей от кометы-родоначальницы. До него знали только один, более или менее определенный, источник происхождения периодических комет—это вербование комет в члены солнечной системы большими планетами. Но такое значительное приближение кометы к планете, когда притяжение последней может вызвать радикальное изменение орбиты,—очень редкий случай; периодических комет довольно много и объяснить существование всех их в качестве членов солнечной системы захватом большими планетами невозможно. Тот источник происхождения их, который указывает Бредихин, более общ и для многих случаев более вероятен. Вместе с тем исследования Бредихина дают нам ключ и для объяснения удивительного подобия элементов некоторых комет, существования интересных групп,

так называемых семейств комет. Известно несколько случаев деления кометы на части. Так, комета Биелы, раньше чем она рассыпалась на мелкие частицы, давшие эффектные звездные дожди 1872 и 1885 гг., наблюдалась в 1846 и 1852 гг. в виде двух отдельных частей. Комета 1889 г. (V) разделилась на пять частей. Некоторые кометы имели по несколько ядер. Теория Бредихина разъясняет, что должно произойти при делении кометы в том или другом случае, как комета может оказаться родоначальницей целой группы комет, которые хотя и наблюдаются в виде отдельных комет, но, несомненно, имеют между собою связи, общее происхождение.

Теория метеорных потоков и периодических комет находится у Бредихина в непосредственной связи с теорией кометных форм. Это одно, гармонически стройное и чрезвычайно глубокое построение.

Бредихин не ограничивался «Анналами» Московской обсерватории и печатал свои работы также во многих других изданиях: в журнале «Astronomische Nachrichten», «Memoires della Societa degli Spettroskopisti Italiani», изданиях Академии наук, в «Математическом сборнике», «Известиях Общества испытателей природы» и пр. Исследования Ф. А. Бредихина обратили на себя внимание в научном мире и нашли соответствующую оценку со стороны различных ученых обществ и высоко авторитетных научных учреждений. Уже в 1877 г. Академия наук избрала его своим членом-корреспондентом, позднее его избирает почетным членом Московское математическое общество, Харьковское математическое общество, Московское общество любителей естествознания, Общество испытателей природы, Московский университет, Географическое общество и др. В 1883 г. ему преподнесла диплом действительного члена Леопольдино-Каролинская ака-

демия в Германии, в 1884 г. он был избран членом Королевского астрономического общества в Лондоне и Ливерпульского астрономического общества, в 1889 г. — в члены-корреспонденты Итальянского общества спектроскопистов, а также Математического и естественно-исторического общества в Шербурге. В 1892 г. Падуанский университет почтил Бредихина степенью доктора и в 1894 г. «Бюро долгот» в Париже избрало его в члены-корреспонденты.

В 1890 г. Ф. А. Бредихин был избран в ординарные академики нашей Академии наук и назначен директором Пулковской обсерватории. Не сразу принял Бредихин это лестное предложение и неохотно расставался он со своей любимой, уютной Московской обсерваторией, так как понимал, что на новом посту у него будет много неинтересных административных обязанностей и не мало различного рода неприятностей.

Выше было отмечено, что Бредихин был за границей один раз, в молодых годах. Во второй раз он съездил за границу только в 1892 г. в качестве директора Пулковской обсерватории, которому уставом обсерватории вменялось в обязанность поддерживать живую связь с русскими и иностранными обсерваториями. Он посетил обсерватории в Берлине, Потсдаме, Париже, Медоне и Гринвиче. Но еще ранее он побывал на русских обсерваториях в Москве, Харькове, Николаеве, Одессе, Киеве и Варшаве, что было новшеством и имело большое значение в развитии русской астрономии. Бредихин гостеприимно открыл двери Пулковской обсерватории питомцам русских университетов, из которых некоторые сделались постоянными сотрудниками обсерватории, другие проходили здесь более или менее длительную практику. Вместе с тем он решил не ограничивать деятельности сверхштатных астрономов в Пулкове лишь вычислениями чужих наблюдений,

но по надлежащей подготовке допустить их всех к участию в серьезных научных наблюдениях. По его мнению, мера эта должна была поднять молодых астрономов в их собственных глазах, вдохнуть в них интерес и рвение к избранному делу.

Бредихин исходил из мысли, что для нормального развития астрономии необходимо гармоническое сочетание практики с теорией. Как для астронома, организующего длинные ряды наблюдений, очень важно иметь ясное представление, каким образом результаты этих наблюдений могли бы быть использованы в дальнейшем для уяснения строения вселенной, так и теоретик должен уметь наблюдать, чтобы быть в состоянии критически отнестись к тому материалу, который он кладет в основу своих теоретических исследований. «При самом вступлении в управление обсерваторией, — говорит Бредихин в своем первом отчете (1891 г.), — для меня было непреложной истиной, что теоретически образованным питомцам всех русских университетов, чувствующим и заявившим свое призвание к астрономии, должен быть доставлен в пределах возможности свободный доступ к каждому практическому усовершенствованию в этой науке, а затем и к занятию всех ученых должностей при обсерватории. Только таким путем Пулковская обсерватория может образовывать достаточный собственный контингент для замещения выбывающих деятелей. С другой стороны, и русские университеты только таким образом могут всегда иметь кандидатов, настолько сведущих и опытных в практической астрономии, что им по достижении ученых степеней с полной надеждой на успех можно будет поручать как преподавание астрономии, так и управление университетскими обсерваториями».

Управление Бредихина Пулковской обсерваторией ознаменовано также широким развитием астрофизики.

Конечно, и раньше Пулковская обсерватория должна была уделить внимание этой новой могучей отрасли астрономии, но до 1890 г. астрофизика в Пулкове развивалась робко и без определенного плана. С приездом Бредихина тотчас же были организованы систематические наблюдения солнечных протуберансов с помощью спектроскопа; заказывается спектрограф для исследования с помощью фотографии звездных спектров, и в 1893 г. устанавливается большой астрограф. Подобный же инструмент по совету и указаниям Бредихина был заказан в 1894 г. для Ташкентской обсерватории, и благодаря его содействию Одесская обсерватория получила спектроскоп и фотографический объектив, использование которых при южном положении обсерватории представляло большой интерес. Позднее Бредихин из личных средств пожертвовал 1500 руб. на приобретение для Пулковской обсерватории короткофокусного фотографического объектива Цейсса, который, будучи смонтирован на старом шестидюймовом рефракторе Репсольда, получил название «Бредихинского астрографа».

В Пулкове Бредихин уже не наблюдал. И в Петербурге, когда он покинул Пулково, оставаясь членом Академии наук, его работа заключалась исключительно в теоретических исследованиях в области кометных явлений и метеорных потоков. Появившиеся в это время фотографические снимки комет дали новый материал для проверки и развития созданной Бредихиным механической теории кометных форм. Так, при обработке снимков кометы 1893 г. (II) он устанавливает совершенно неожиданно для отталкивательной силы Солнца значение, гораздо большее, чем получал раньше, именно в 36 раз превосходящее ньютоновское притяжение. В связи с этим пришлось переделать схему распределения различных веществ в хвостах

комет. Допуская, что эта наибольшая сила 36 соответствует наиболее легкому элементу — водороду, Бредихин силу 18 должен был приписать гелию, только что открытому на земле.

Чрезвычайно интересна работа Бредихина о строении солнечной короны, в которой он видит аналогию кометному хвосту. Целый ряд мемуаров посвящен исследованиям различных метеорных потоков, причем устанавливается отношение их к той или другой комете, вычисляются возмущения их движения большими планетами, дается объяснение так называемым стационарным радиантам, которые как-то странно держатся в одной узкой области неба по несколько месяцев и т. п.

В это время Бредихин печатал свои работы исключительно в изданиях Академии наук. В последние годы своей жизни он был озабочен тем, чтобы представить разбросанные по различным изданиям отдельные мемуары в компактном изложении, в одном издании.

Работы, относящиеся к теории кометных форм по указаниям Бредихина, были собраны в систематическом порядке и сопоставлены Р. Егерманом в большом томе «Prof. Dr. Ph. Bredichin's Mechanische Untersuchungen über Cometenformen in systematischer Darstellung von R. Jaegermann» (1903). Исследования метеорных потоков были перепечатаны в издании *Études sur l'origine des météores cosmiques et la formation de leurs courants* (1903). Лебединая песнь Бредихина — исследование по фотографическим снимкам кометы 1903 г. (IV), для которой значение отталкивательной силы оказалось в 70 раз больше ньютоновского притяжения. Это открытие заставило Бредихина высказать догадку о возможности разложения атомов водорода.

При дальнейших исследованиях после Бредихина были найдены еще большие значения отталкивательных сил. Для прямолинейных лучей, которые видны

на некоторых снимках, они оказываются порядка даже нескольких тысяч при соответственно громадных начальных скоростях. Много новых, совершенно неожиданных результатов дают и исследования спектров ярких комет, наблюдавшихся в последние годы. Все это свидетельствует, что теория Бредихина потребует исправления и добавления в согласии с новейшими достижениями физики в области учения о радиоактивности и строения атома. Но механическая основа, на которой Бредихин построил свою теорию, остается неизменной и обязательной. В этом отношении заслуга Бредихина громадна, и «каждый раз, когда из бездонной глубины звездного свода спустится к нам небесная странница, огромный круг людей будет повторять имя Бредихина»¹. Исследования Бредихина ценны богатством идей, глубиной проникновения и смелостью бодрой мысли. В своей статье «Витализм и наука» покойный проф. К. А. Тимирязев цитирует несколько строк из речи Бредихина, прочитанной им в публичном заседании Академии наук от 29 декабря 1893 г.

«Здесь мы стоим, очевидно, на рубеже знания, за которым открывается область неведомого, и дальнейшее движение в ней, быть может, откроет новые, увы, еще большие трудности. Едва ли, впрочем, уместен здесь возглас сожаления. Кому удавалось в жизни после трудов, усилий и сомнений угадать, найти крупицу общей истины в науке или в искусстве, тот помнит, какие светлые минуты переживал он. Не тогда ли он жил лучшею частью своего существа?»

В необъятной вселенной безмерно долгое время будут возникать для нас один за другим новые нерешенные вопросы, таким образом перед человеком лежит уходящий в бесконечность путь научного труда

¹ Из надгробной речи проф. В. К. Цераского.

умственной жизни, с ее тревогами и наслаждениями». И прибавляет:

«Это говорит академик Бредихин. Какую бодростью духа, только подстрекаемой к борьбе возрастающими трудностями, звучат эти слова, какую смелою уверенностью, что наука справится завтра со своими более сложными задачами, потому, что ее прошлое служит порукой за ее будущее! И как отличается это ясное, спокойное настроение уже немолодого астронома от растерянности молодого защитника витализма, мечущегося из стороны в сторону...»

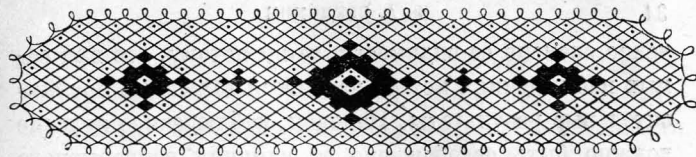
В двадцатых числах апреля 1904 г. Федор Александрович простудился, но скоро оправился. 28-го числа он собрался даже выйти из дому, но внезапно почувствовал припадок и слег. Дух его оставался бодрым, он еще 30 апреля беседовал с одним из своих учеников об особенностях движения появившейся тогда телескопической кометы, но силы его слабели. В 5 ч. 40 м. вечера 1/14 мая на 73-м году жизни Бредихин тихо скончался от паралича сердца. Хоронили Бредихина с большим почетом. 3 мая проводить его тело до Московского вокзала собрались члены Академии наук с президентом во главе, все астрономы Пулковской обсерватории, родные, знакомые и почитатели покойного. В Москве прах встречали: попечитель учебного округа, представители Московского университета с ректором во главе, представители ученых обществ, астрономы Московской обсерватории, почитатели и бывшие ученики. Похоронили Бредихина в семейном склепе в имении «Шогост» близ Кинешмы.

К. Покровский.

Ф. А. БРЕДИХИН

О ХВОСТАХ

КОМЕТ



ПРЕДИСЛОВИЕ.

Исследование кометных хвостов, весьма естественно, состоит из двух частей. Во-первых, из сравнения наблюдений различных комет в различные времена их видимости нужно вывести геометрические данные, которыми определяются форма хвоста, его положение в пространстве и т. д., и уловить те явления, которыми сопровождаются появление и развитие хвоста. Во-вторых, на основании данных, выведенных из наблюдений, можно уже отыскивать величины и законы действия сил, которые производят хвосты и обуславливают его видоизменения.

Первый вопрос сопряжен с большими трудностями как потому, что очень редко бывает возможно проследить все изменения форм одной и той же кометы в те-

чение времени ее видимости, так и потому, что при самых наблюдениях можно надеяться только на приблизительные результаты. Наконец, наблюденное явление должно быть освобождено от влияния непрерывного изменения точки зрения, что предполагает известными уже те формы, которые мы исследуем. Таким образом и в первой части вопроса необходимы некоторые более или менее вероятные допущения.

Что касается до второй части, то по самому существу дела видно, что единственный путь в этих исследованиях есть путь гипотез. Тут постоянно предстояло решать вопрос о том, могут ли силы, действующие по известному, гипотетически принятому закону, произвести явление так, как оно действительно происходит.

Следствием этого было много сменивших одно другое воззрений. Но так как самое сравнение известной гипотезы с наблюдениями принадлежит к трудным вопросам механики, то понятно, почему только в новейшие времена дошли до возможности представить, и то лишь крупными чертами, частности явления и вместе с тем стала возможною сколько-нибудь точная проверка гипотез, производимая сравнением построенного по теории хвоста с наблюденными его явлениями.

В настоящее время бóльшим перед другими предпочтением пользуется теория Бесселя, которую он так блистательно приложил к наблюдениям кометы Галлея (1835 г.) и которая позже была приложена Папе и отчасти Виннеке к явлениям кометы 1858 г. (V).

Бессель принял в своих исследованиях для силы, образующей хвост, закон квадратов расстояний, допущенный еще Ольберсом. Сомнения в справедливости этого закона, высказанные еще в 1826 г. Брандесом и подтвержденные недавно мною¹, погрешности, вкравшиеся в аналитические выводы Бесселя и не совсем исправленные последующими исследователями, неудовлетворительность способа, по которому приложена теория Бесселя к наблюдениям кометы 1858 г. (V) и, наконец, сложность и искусственность теории Бесселя с физической стороны подали мне повод сделать с своей стороны сравнение теории с наблюдениями различных комет. Такое сравнение привело меня к некоторым соображениям, которые и предлагаются в этом сочинении на суд читателей.

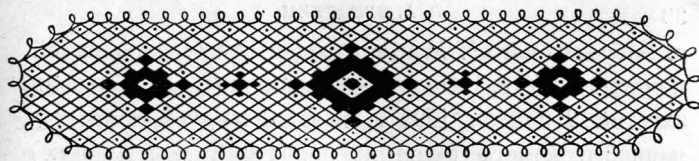
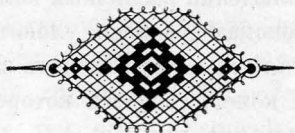
Для полноты исследования я счел нужным представить обзор наблюдений различных комет, на основании которых астрономам удалось уловить существенные черты в явлениях хвостов и сделать заключения относительно тела комет, свойства которого имеют влияние на образование хвостов.

Для избежания, насколько это возможно, повторений я избрал следующее расположение. Во-первых, излагаю наблюдения и выводы из них относительно формы и развития хвоста; затем перехожу к историческому очерку теорий, которые были предложены для объяснения занимающего нас явления; наконец,

¹ «Astronomische Nachrichten», № 1291, 1305, 1306.

подробно излагаю новейшие исследования. Собственные соображения я счел удобным поместить при самом разборе как наблюдений, так и теоретических исследований.

Считаю нелишним заметить, что я не переходил тех пределов точности, которыми ограничивались доселе полные исследования кометных хвостов. С одной стороны, это обуславливается самой степенью точности наблюдений, с другой стороны, дальнейшее математическое развитие теории в такой форме, при которой она может быть сравниваема с наблюдениями, есть дело, до того трудное, что успешное завершение его, кажется, должно быть предоставлено будущему.



I



При исследовании кометных хвостов необходимо обратить внимание на физические свойства комет. Мы начнем с изложения наблюдений относительно состояния их вещества. Удобные случаи для таких наблюдений представляют прохождения комет между наблюдателем и какою-нибудь звездой. К сожалению, такие наблюдения удаются довольно редко. Из них можно заключить о прозрачности не только хвостов и туманных оболочек комет, но и самых ядер или, по крайней мере, частей ядра, близких к центру. Следующие данные заимствованы нами из сочинения

г. Богуславского¹. Монтень видел сквозь ядро малой кометы 1774 г. звезду 6-й величины. В. Гершель заметил 9 ноября 1795 г. позади средней части туманности кометы (одно из появлений кометы Энке) двойную звезду: светлейшая звезда этой пары была 11—12-й величины, а слабейшая — 20-й величины. Хотя Мессье считает, что первая из названных комет затмила звезду, а Вартман полагает, что такое же затмение произвела вторая комета 28 ноября 1828 г., но их наблюдения настолько неопределенны, что вовсе не могут служить доказательством непрозрачности кометных ядер, которая опровергается положительными наблюдениями Монтеня и Гершеля².

Ольберс 1 апреля 1796 г. наблюдал покрытие одной звезды 6—7-й величины открытой им в том году кометой и не заметил притом никакого ослабления света звезды. То же нашел В. Я. Струве 29 октября 1824 г.: он видел звезду 10-й величины очень близко от центра кометы. Понс наблюдал 21 августа сквозь центральную часть кометы 1824 г. (IV) звезду 5-й величины, свет которой не был ослаблен. Вальц у этой самой кометы заметил, что покрытая ею звезда 7-й величины потерпела ослабление света, но что свет кометы был ослаблен еще заметнее. В. Я. Струве 7 ноября 1828 г. видел звезду 11-й величины сквозь центральную часть кометы Энке, так что принял сначала звезду за ядро кометы.

¹ Boguslawski, Die Kometen, pgg. 61—62.

² Arago, «Astron. Popul.», t. II, pgg. 378—379.

По наблюдению Реслгубера, звезда 8-й величины, покрытая центром кометы Брорсена (1846), представлялась даже звездой 6-й величины. В. Я. Струве наблюдал 6 ноября 1832 г. прохождение кометы Биелы через маленькую звезду, которой свет при этом несколько не уменьшился. Замечательно еще при этом то, что свет звезды не был преломлен туманностью кометы. То же самое замечено Бесселем в комете Галлея 29 сентября 1835 г. Звезда была наблюдаема на расстоянии всего 6—7'' от центра, и свет ее не потерпел никакого преломления. Можно, впрочем, привести еще пример просвечивания звезды сквозь части кометы с ослаблением света. Так, Ольберс говорит, что 7 сентября 1811 г. сквозь светлую полосу головы большой кометы этого года были видны звезды 8-й величины, но свет их был значительно ослаблен¹.

Предыдущие наблюдения приводят к заключению, что, по крайней мере для исследованных комет, в высокой степени вероятно, что не только их хвосты и оболочки, но и самые ядра прозрачны и не состоят из плотной массы. Конечно, этого заключения мы не имеем права распространить на все кометы без исключения. Гаусс даже думает, что невозможно а priori допустить, что в кометах совсем нет твердого или, по крайней мере, жидкого ядра. Без такого ядра туманная масса рассеялась бы по его мнению; Ольберс же считает возможным и противное². При разнообразии комет, мо-

¹ «Monatliche Correspondenz», Bd. XXV, pg. 13.

² Encke, Ueber die Erscheinung der Kometen, pg. 29.

жет быть, и справедливо мнение Араго, что ядра различных комет имеют все три степени сцепления¹. Если припомним, с одной стороны, громадные размеры многих комет, с другой стороны, тот общий факт, что в вычислениях планетных движений нет никакой надобности вводить действие комет, которые в огромном количестве пронизывают солнечную систему по всевозможным направлениям, не говоря уже о частных случаях, в которых прямо доказана ничтожность масс комет, например кометы 1770 г., то должны допустить, что среднее состояние сцепления комет чрезвычайно слабо, и следовательно, если и есть в комете плотная масса, то она должна иметь ничтожные размеры.

Доказательством слабости сцепления, доходящей до крайних пределов, служит разделение кометы Биеллы на две новые кометы.

Наконец, эта незначительность плотности комет замечается в явлении ускорения времен обращения периодических комет Энке и Фая (ускорение последней недавно определено шведским астрономом А. Мёлером). Известно, что Энке объясняет такое ускорение вполне согласно с наблюдениями, допуская, что пространство солнечной системы наполнено тонкой жидкостью, которая оказывает сопротивление движущимся в ней телам. Сопротивление это заметно только для комет именно по причине незначительной их плотности.

¹ A r a g o, «Astron. Popul.», t. II, p. 383.

К этим сведениям о физических свойствах комет прибавим еще несколько слов относительно их света. Явления поляризации света, замеченные Араго и Гумбольдтом в кометах 1819 и 1835 гг., привели их, как известно, к заключению, что, по крайней мере, большая часть света комет есть отраженный солнечный свет. Подобное же исследование поляризации света сделано было Ю. Шмидтом в комете 1853 г. (III) и привело его к такому же заключению. Во всех этих исследованиях не было обращено надлежащего внимания на положение плоскости поляризации. Это обстоятельство вызвало заметку Брюстера, в которой он говорит следующее¹: «Хотя нельзя сомневаться в точности наблюдений Араго над признаками поляризации, замеченными им в кометах 1819 и 1835 гг., однако можно допустить, что свет мог поляризоваться после вступления в земную атмосферу. Без означения плоскости, в которой поляризован луч, невозможно открыть причину поляризования. Если эта плоскость проходит чрез Солнце, комету и глаз, то тогда мы можем заключить, что поляризация происходит от отражения света идущего от Солнца.

Поляризация света кометы 1858 г. (V) была исследована многими наблюдателями, которые при наблюдениях обозначали положение сказанной плоскости. Мы приведем некоторые из таких наблюдений, которые решают вопрос о свете комет.

¹ «Comptes Rendus», № 8, 21 Février, 1859.

Пражмовский в Варшаве рассматривал комету в полярископ, состоящий из пластинки кварца и двупреломляющей призмы, помещенной пред окуляром. Плоскость поляризации постоянно, от 19 сентября по 17 октября, проходила по направлению хвоста, хотя последний изменил в течение этого времени угол положения более, чем на четверть окружности. Это же подтверждается наблюдениями Гови, которые производились от 29 сентября по 16 октября¹. Брунс² говорит, что с 21 сентября по 7 октября в различные дни он исследовал поляризацию и пришел к заключению, что свет поляризован чрез отражение, а не чрез преломление. Таким образом для этой кометы с большею очевидностью, чем для других, доказано, что большая часть света заимствована кометой от Солнца. Это же самое доказывает Араго следующими соображениями³.

Яркость светящейся точки уменьшается пропорционально квадратам расстояний ее от наблюдателя. В то же время число доступных глазу точек увеличивается пропорционально квадратам расстояний. Действительно, если одно и то же светящееся тело будем рассматривать под одним и тем же углом зрения на различных расстояниях, то на двойном расстоянии будем видеть вчетверо большую часть его поверхности и, следовательно, вчетверо большее число светящихся точек,

¹ «Cosmos», 1858. Livraison 19.

² «Astronomische Nachrichten», № 1205.

³ A r a g o, «Astron. Popul.», t. II, p. 431.

хотя каждая из них светит вчетверо слабее. Оба явления взаимно уравниваются, т. е. яркость светящегося тела, рассматриваемого под одним и тем же углом на различных расстояниях, одинакова. Это относится только к самосветящемуся телу, которое становится невидимым тогда, когда по причине слишком большого удаления оно является под слишком малым углом. Напротив того, кометы исчезают не от слишком большого удаления, но от уменьшения яркости света: они как бы гаснут даже при значительном угле зрения, что несовместимо с существованием собственного света. Отсюда Араго заключает, что они заимствуют свой свет от Солнца, по крайней мере, большую часть света. Мы не говорим весь свет, ибо есть случаи, в которых необходимо допустить физические изменения внутри комет, которые несколько увеличивают или уменьшают способность отражения. Подобное явление замечено Ольберсом в комете 1780 г. (I)¹. Наибольшую яркость ее он нашел 8 ноября, между тем как она должна была уменьшаться, начиная с 26 октября. Если бы она была самосветящеюся, то яркость возрастала бы до 26 ноября, но с 8 по 26 ноября свет ее быстро уменьшился. Подобный же пример представила комета 1840 г. (II), открытая Галле. 23 февраля она должна была представляться вдвое светлее, чем 21 марта; но Плантамур нашел, что в течение этого промежутка времени свет ее усилился больше, чем вдвое².

¹ Hind, Die Kometen, p. 25.

² Ibid., p. 25.

Перейдем теперь к явлениям, сопровождающим появление и развитие хвоста. Рассматривание комет при помощи труб в конце XVII столетия указало главные черты того процесса, каким вещество, составляющее хвост, отделяется от центральной части кометы, от так называемого ядра. Знаменитый Роберт Гук, сообщая свои наблюдения комет 1680 и 1682 гг., говорит следующее¹: «Мне кажется, ясно, что более легкие или более тонкие частицы подобно парам распространяются от ядра на значительное расстояние в направлении к Солнцу и, достигнув некоторого предела, возвращаются назад и идут в сторону, противоположную Солнцу».

Он приходит к убеждению, что в ядре нужно допустить силу взрыва, допустить непрерывный ряд истечений из поверхности ядра, обращенной к Солнцу. Истечение из ядра кометы 1682 г. замечено отчасти и Гевелем, хотя он не обратил на него особенного внимания. Он видел именно изогнутую в виде запятой полосу света, выходящую из ядра. Наблюденное Гевелем явление долго считалось оптическим обманом, зависящим от плохой трубы. Только гораздо позднее стали смотреть на него иначе².

¹ H o o k e, «Posthumous Works», p. 149, sq.

² E n c k e, Ueber die Erscheinungen der Kometen, p. 28.

С особенной ясностью явления истечения представлялись в комете 1744 г. Гейнзиус, наблюдавший эту комету в Петербурге, оставил восемь прекрасных рисунков головы этой кометы и при них подробное описание хода явления¹. Мы ограничимся кратким извлечением из этого описания. Заметим, что Гейнзиус считает время по старому стилю.

Января 5. Голова кометы имела хвост в 7°. Ядро представлялось в виде светлого кружка, окруженного со всех сторон туманом.

Января 25. Ядро представлялось овальным по направлению оси хвоста и на стороне к Солнцу имело придаток в виде веера или бороды.

Января 31. Форма бороды изменилась: она расширялась на стороне, обращенной к Солнцу и, загибаясь по обеим сторонам ядра, переходила в пространство хвоста. На стороне ядра, противоположной Солнцу, замечалась маленькая бородка.

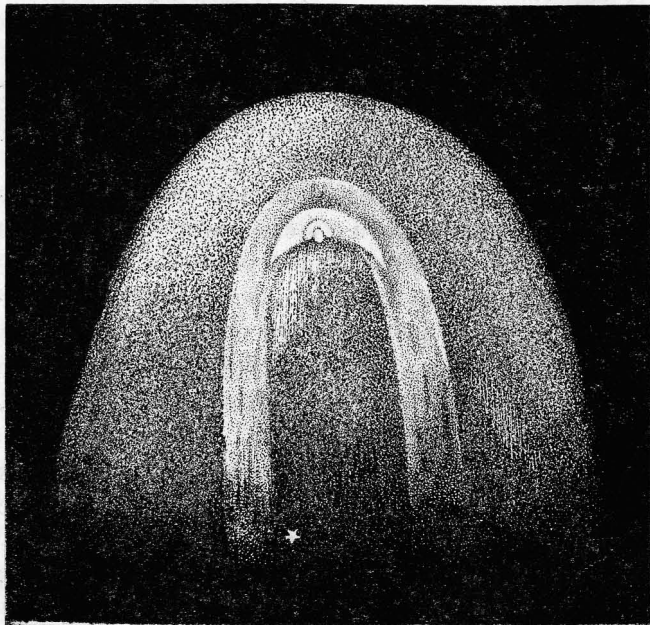
Февраля 2. Веер представлял светлую дугу, которая на стороне, обращенной к Солнцу, огибала овальное ядро и концы которой терялись в хвосте.

Февраля 4. Ядро на стороне, обращенной к Солнцу, облеклось новым туманом.

Февраля 8. Около овального ядра, на стороне, обращенной к Солнцу, замечалась дуга светлого тумана, за нею, дальше от ядра, большая дуга более слабого

¹ H e i n s i u s, Beschreibung des im Anfang des Jahrs 1744 erschienenen Kometen.

тумана; за этою третья, еще больше и еще слабее, и, наконец, четвертая дуга, самая слабая, край которой представлял наружный очерк хвоста на стороне, обращенной к Солнцу (фиг. 1).



Фиг. 1.

Февраля 9. Овальное ядро окружено также четырьмя туманными дугами, которые изменили несколько очертание в подробностях. Изменение в подробностях еще больше заметно февраля 16, и тут оканчиваются на-

блюдения Гейнзиуса. В перихелий, отстоящий от Солнца на 0,22, комета вступила 1 марта нового стиля. К сожалению, Гейнзиус не имел измерительных приборов, так что размеры последовательных истечений и их направление остались неисследованными.

Явление, замеченное в комете 1769 г.¹, по всей вероятности, было подобное же истечение. Голова кометы представлялась сперва в виде тонкого серпа, а потом, по мере приближения к Солнцу, в виде полумесяца. Фазы кометы 1819 г., виденные Каччиаторе², положение которых как фаз нельзя согласовать с положением линии, идущей от кометы к Солнцу, заставляют также думать о секторах истечения, середина которых не всегда направлена к Солнцу, но составляет с радиусом-вектором иногда очень значительный угол, как увидим ниже.

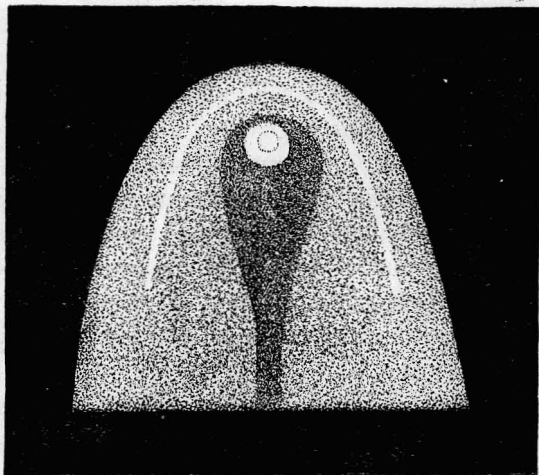
В комете 1811 г., хотя и не было замечено истечения в виде веера или бороды, но светлая параболическая дуга, отделенная повсюду от ядра темной полосой и направленная вершиной к Солнцу, представляла скопление материи, излившейся из ядра. Эта дуга соответствовала одной из туманных дуг головы кометы 1744 г. Так изображена эта комета, между прочим, Ольберсом, который наблюдал ее в течение трех месяцев, начиная с 28 августа³ (фиг. 2). Также замечательны, как и в комете 1744 г., и поразительно сходны с ними были

¹ Hind, Die Kometen, p. 23.

² A r a g o, l. c., p. 420.

³ «Monatliche Correspondenz», Bd. XXV, p. 4—6.

явления истечения в комете Галлея при появлении ее в 1835 г. Мы и здесь позволим себе остановиться на существенных чертах явления, заимствуя их из мемуара Бесселя «О физическом строении кометы Галлея»¹.



Фиг. 2.

В течение всего сентября месяца 1835 г. комета представляла сильное сгущение туманности в одной точке. Ядро, не представлявшее вида твердого тела, довольно легко могло быть отличаемо от окружавшей его туманности.

Октября 2. Комета представляла замечательную особенность, которая состояла в излинии светлого

¹ «Connaissance des Temps», 1840.

вещества из ядра в направлении к Солнцу. Истечение это представляло светлый сектор, который обнимал 90° . Его можно было отличать от остальной туманности на расстоянии 12—15'' от центра между тем как диаметр туманности головы имел 2—3'.

Октября 8. Сектор был еще заметнее. Угол, который он обнимал, был всего 45° . Правый край сектора был приметно изогнут.

Октября 12. Сектор был и больше и светлее. Кривизна правого края стала заметнее, чем октября 8. Угол сектора, оставляя в стороне искривление, равнялся 30° .

Октября 14. Края сектора были изогнуты с обеих сторон.

Октября 22. Края сектора были изогнуты так, что представляли почти дуги параболы.

К этому описанию Бессель прибавляет¹, что явления истечения в этой комете были совершенно одинаковы с явлениями, замеченными в комете 1744 г. с тою только разницею, что светлый пучок кометы 1744 г. был больше и яснее. Наблюдения Швабе, В. Струве, Гершеля, Араго и др. в существенных чертах сходны с наблюдениями Бесселя. Самое ядро кометы представлялось звездою, но, лишь только Бессель употреблял достаточно сильное увеличение, оно теряло вид твердого тела и являлось сгущенною туманностью. Перихелий кометы имел место ноября 15.

¹ Bessel, l. c., p. 95.

Подобное же истечение наблюдаемо было Ю. Шмидтом в блестящей комете 1853 г. (III)¹. Истечение это началось 15 августа или несколько раньше. Оно направлялось к Солнцу, так что обращенная к Солнцу часть кометы казалась окруженной блестящею параболической формы каймою. Замечательно еще в этой комете следующее обстоятельство. В первой половине июля голова ее показалась в виде довольно светлой массы, окруженной нежной оболочкой тумана, но без ядра. С 9 по 13 июля в центральной массе света показалась грануляция, которая сделалась очень ясною 21 июля. Число светлых точек этой грануляции, лежащих близко друг от друга, было 3—8. Число это уменьшалось постепенно, и 12 августа все точки исчезли. В перихелии комета вступила 17 сентября.

Комета Энке, явившаяся в 1848 г. при таких обстоятельствах, которые позволяли исследование ее на значительной части пути, представляла также явления истечения. Именно 26 сентября Бонд² заметил, что от самой сгущенной части кометы протянулся слабый выступ света в направлении к Солнцу. 6 октября он же нашел, что комета видна простым глазом. В ноябре виден был хвост $1-2^\circ$, направленный противоположно Солнцу; световое истечение из ядра также было видно. Время перихелия — 26 ноября.

Комета 1858 г. (V) (Донати) доставила случай многим наблюдателям тщательно исследовать истечение и его

¹ «Astronomische Nachrichten», № 883.

² H i n d, l. c., pg., 73—74.

разнообразные изменения. На описании наблюдений этих явлений мы остановимся здесь несколько далее, чем для других комет.

Со времени своего открытия, т. е. с 2 июня 1858 г., комета имела вид маленького туманного пятна с одинаково повсюду напряженностью света до августа месяца¹. В течение августа внутри кометы показалось заметное сгущение, и с 7 августа был ясно виден хвост². Хвост этот выросал очень медленно, так что 26 августа он был длиною всего $0^\circ,5$ ³.

3 сентября комета стала видимою простым глазом; при слабом увеличении в середине головы замечался род ядра, но при сильном увеличении оно исчезало почти совершенно. В следующие дни диаметр ядра уменьшился, и оно становилось более и более определенным⁴. Таким же образом комета была видима 10 сентября⁵. 16 сентября ядро было окружено светлым туманом, который простирался в хвост⁶. 17 сентября заметно было маленькое истечение от ядра к вершине тумана⁷. 18 сентября это истечение имело форму вееровидного придатка ядра⁸. 20 сентября ядро, на стороне к хвосту, было резко очерчено на протя-

¹ D o n a t i, «Wochenschrift für Astronomie», № 50, 1858.

² B r u h n s, «Astronomische Nachrichten», № 1156.

³ R e s l h u b e r, ib., № 1169.

⁴ D o n a t i, l. c., № 50.

⁵ C h a c o r n a c, «Cosmos», № 1858, oct. 29.

⁶ P a p e, «Astronomische Nachrichten», № 1160.

⁷ M ä d l e r, ib., № 1167.

⁸ O. S t r u v e, Pulkow. Beob. des Kom. von 1858, p. 3.

жении 240° , на стороне же к Солнцу размыто на протяжении 120° , как будто в этом направлении материя, которая образовала хвост, постепенно отделялась от ядра, удалялась от него и потом, загибаясь вправо и влево, переливалась в хвост¹. 22 сентября это истечение было яснее, чем в два предыдущие вечера, так что в светлые сумерки, когда еще не было видно следов хвоста, истечение представлялось ясно, и немного позже, когда становились видны части головы и хвоста, комета представляла поразительное сходство с одним из рисунков Гейнзиуса².

С 23 по 30 сентября ядро на стороне, противоположной хвосту, казалось окруженным очень светлым туманным полукругом, за которым, далее от ядра, лежал концентрический с первым полукруг, но только темнее его; за ним третий еще слабее, и далее уже следовал туман, нерезко очерченный, переходящий в хвост³.

Шакорнак 25 числа видел даже пять оболочек, из которых ближайшая к ядру отделилась позже других⁴. По его описанию от 25 сентября до 5 октября отделились от ядра таким же образом еще две оболочки. Из его наблюдений видно, что наружные оболочки или кольца переходили в хвост, между тем как внутренние нарастали, делились концентрически

¹ P a r e, l. c., № 1160.

² P a r e, *ibid.*

³ D o n a t i, l. c., № 50.

⁴ C h a c o r n a c, «Cosmos», 1858, set. 20.

и следовали за наружными. Это же подтверждают измерения величины истечения по радиусу, произведенные Медлером. Истечение то возрастало, то снова уменьшалось по мере переходения внешних колец его в хвост и нарастания новых¹. Такое же образование около ядра оболочек и их отделение одной за другой указывают наблюдения Реслгубера и др. Реслгубер сравнивает эти отделяющиеся постоянно оболочки с концентрическими кольцами волн, разбегающимися от точки их образования, как от центра².

Реслгубер замечает притом, что ядро и оболочки соединяются между собою попеременно то светлыми, то темными лучами.

6 октября на поверхности шестой оболочки замечались четыре малые светлые облака; в седьмой же, ближайшей к ядру, оболочке видно было черное треугольное пятнышко, как бы отверстие в оболочке. Пятнышко это существовало еще и 12 октября, только было шире и не так темно³.

Медлер, 7 октября, и Гертноп, 11 октября, заметили даже два пятна неправильной формы вблизи от ядра⁴. Темные и светлые пятна, представлявшие разрежения и скопления туманной массы вблизи ядра, замечены были также Донати, Реслгубером, Виннеке,

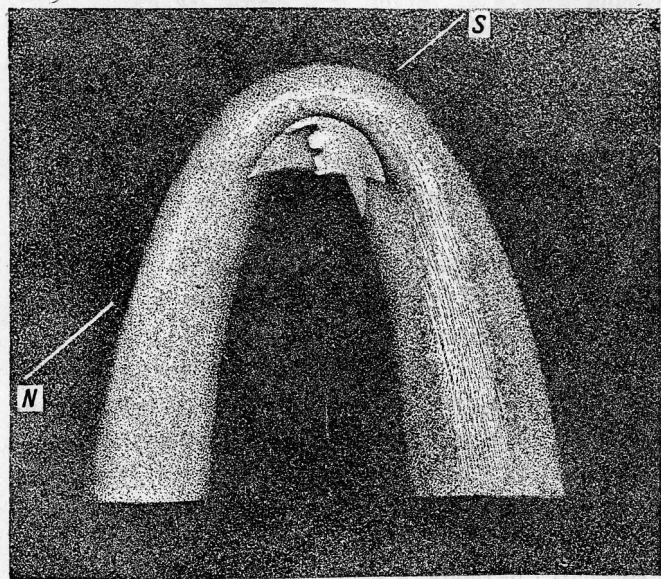
¹ M ä d l e r, «Westermans Monatshefte», № 40.

² R e s l h u b e r, «Astronomische Nachrichten», № 1169.

³ C h a c o r n a c, l. c.

⁴ «Astronomische Nachrichten», № 1167.

О. Струве и др. (фиг. 3)¹. 7 октября ясно был виден светлый луч, который выходил из ядра в направлении, противоположном хвосту и, постепенно ослабева



Фиг. 3.

в напряженности, доходил до наружного очертания головы. 13 октября из ядра явственно исходили два тонких луча, почти перпендикулярных один к другому².

¹ Donati, l. c.; Reslhuber, «Astronomische Nachrichten», № 1169; O. Struve, l. c.; Winnecke, ibid.

² O. Struve, l. c., p. 9.

15 октября истечение из стороны ядра, обращенной к Солнцу, получило вид пламени, отклоненного ветром в сторону. Секки сравнивает его с запятой, точка которой находилась близ ядра. Это явление продолжалось до 22 октября, когда комета перестала уже быть видимой в Европе¹.

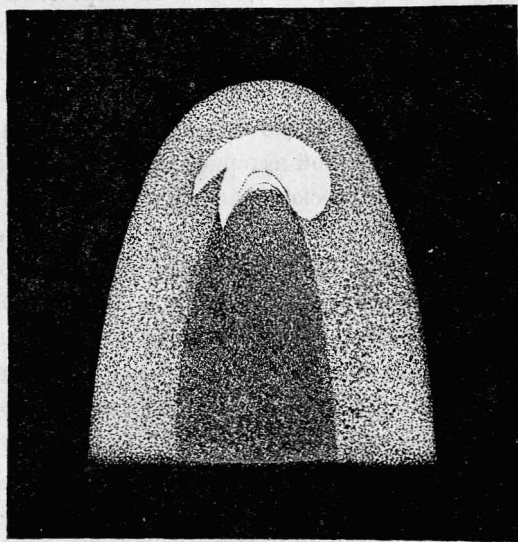
С 16 сентября замечено было², что голова кометы постоянно была окружена очень нежной, голубоватой туманной массой. Ее трудно было различать, сравнительно с светлой туманной материей, которая окружала ядро в виде параболической фигуры и составляла собственно хвост. Внешний очерк этой оболочки имел также параболическую форму, но совсем не резко очерченную. Она простиралась в сторону к Солнцу гораздо дальше светлой оболочки и не была симметрична с последней: линии, проведенные от ядра к вершинам оболочек, составляли между собою угол в 30° . Протяжение слабой оболочки в сторону к Солнцу в разные времена было от 2,5 до 9'. Края хвоста расходились сильнее, нежели края слабой оболочки, так что в незначительных расстояниях от головы, неравных, впрочем, по обеим сторонам хвоста, слабая оболочка примыкала к хвосту, и далее ее нельзя уже было видеть. При описании этой оболочки Виннеке высказывает мнение, что различие света по цвету и напряженности в обеих оболочках указывает на различие их вещества

¹ Encke, Ueber die Erscheinungen der Kometen, p. 22.

² O. Struve, Winnecke, Pulk. Beob. des grossen Kom. von 1858, p. 46.

и на различную напряженность сил, условливающих их образование.

К предыдущим наблюдениям мы должны прибавить еще одно наблюдение Секки, не подтвержденное, впро-



Фиг. 4.

чем, сколько нам известно, никем из других наблюдателей. 28 сентября в трубе в 80 мм он ясно видел бороду, противоположную хвосту, длина которой доходила до полуградуса; свет ее был бледен¹. Быть может, эта борода есть не что иное, как слабая оболочка,

¹ S e c c h i, «Cosmos». 1858. Livr. 14.

виденная при более благоприятных обстоятельствах, длина которой была оценена не совсем верно. Заметим, что истечения светлой материи к Солнцу в виде вееров и пучков замечены были также в большой комете 1860 г.¹ и в блистательной комете 1861 г.² (фиг. 4).

§ 3

Перейдем теперь к описанию хвостов. Кометы, имеющие такую степень яркости, что могут быть видимы простым глазом, на близких к Солнцу частях своих путей сопровождаются всегда хвостом. Араго в своем трактате о кометах и в своей популярной астрономии насчитывает³ четыре светлых кометы, которые не имели никаких следов хвоста, именно кометы 1585, 1665, 1682 и 1763 гг.; однако оказывается, что сведения эти не совсем верны.

1. Комета 1585 г. по описанию Тихо Браге, который открыл и наблюдал ее, была очень слаба светом, но 20 и 22 октября имела бороду, т. е. хвост, направленный к западу и в суточном движении предшествующий комете⁴.

2. Комета 1665 г. имела хвост; Гевель не только видел его, но даже обозначал его положения на небе от 6 по 17 апреля⁵.

¹ «Bulletin de l'Academie de Petérsbourg», année 1860.

² «Astronomische Nachrichten», № 1324.

³ A r a g o, «Astron. Popul.», t. II, p. 408.

⁴ H e v e l, Cometographia, p. 443—444.

⁵ H e v e l, Cometographia, p. 775.

3. Хвост кометы 1682 г. (Галлея) наблюдали многие астрономы, в том числе Флемстид, Пикар, Гук и др. Хвост этот имел даже значительную величину¹.

4. Что касается до кометы 1763 г., то она не была видна простым глазом. Сам Араго не упоминает об ней в исчислении всех комет, видимых простым² глазом.

Случается иногда, что кометы, видимые простым глазом, настолько слабы светом, что хвост их бывает видим только при благоприятных обстоятельствах. Так, комета Энке в 1828 г. казалась бесхвостой, но в 1848 г., когда положение кометы было благоприятно для наблюдений под широтами Европы, хвост этот был явственно виден³. Комета 1861 г. (I) в Москве была видима нами без хвоста, но позже, в южных странах, она сопровождалась хвостом. Можно указать примеры комет, хвосты которых были так слабы светом, что не все наблюдатели могли видеть их даже вооруженными глазами. К таким кометам относится именно комета Энке.

Известно, далее, что не только видимые простым глазом, но и некоторые телескопические кометы сопровождаются хвостом. Большая или меньшая степень видимости комет простым глазом еще не обуславливает, конечно, различия в других физических свойствах настолько, чтобы одни кометы, именно видимые простым глазом и близкие к ним по свету, могли близ Солн-

¹ H i n d, Die Kometen, p. 39.

² A r a g o, «Astron. Popul.», p. 336.

³ H i n d, l. c., p. 66.

ца изменять свою форму, развивая из себя хвост, а другие, телескопические, были бы совершенно лишены этой способности. Изменение формы, выражающееся появлением хвоста, вероятно, претерпевают с приближением к Солнцу все кометы, которых кратчайшее расстояние от Солнца не переходит известного предела.

Главнейшие пункты, на которые нужно обращать внимание при объяснении явлений хвостов, конечно, суть их положение в пространстве в различные времена и форма.

Относительно положения хвоста еще в древности замечено было, что он вообще направлен в сторону, противоположную Солнцу. Так, по поводу наблюдений кометы, явившейся в марте 837 г. н. э., в собрании Ма-туан-лина встречаем такое указание закона направления хвоста: «У кометы, которая находится к востоку от Солнца, хвост, в отношении к ядру, направлен к востоку; если же комета является на западе от Солнца, то хвост направлен к западу¹. Сенека говорит также, что хвосты бегут пред солнечными лучами².

Петр Апиан доказывает наблюдениями комет 1531, 1532 и 1533 гг., что Солнце, голова кометы и хвост ее лежат всегда на одном большом круге, т. е. направление хвоста прямо противоположно Солнцу³. Однако же скоро после Апиана замечены отклонения от такого направления. Иоанн Гомелий указывает отклонение

¹ B i o t, «Comptes Rendus», t. XVI, 1843, p. 751.

² Natur. Quaest., VII, 20.

³ H e v e l, Cometographia, p. 461.

хвоста кометы 1556 г. Вильгельм IV, ландграф Гессенский, определяет отклонение хвоста кометы 1558 г. от большого круга, идущего чрез комету и Солнце, в 10° . Об отклонении хвостов говорят также Местлин, Гассенди, Цизат и др.¹ Гевель в своей Кометографии дает целую таблицу отклонений в различные дни наблюдений хвостов комет, являвшихся от 1577 до 1665 гг.

Брандес, в своем исследовании о форме кометных хвостов и т. д.², доказал, что кометные хвосты осью своей лежат в плоскости кометной орбиты. Доказательство это он почерпнул из наблюдений тех комет, во время наблюдения которых Земля проходила чрез плоскость кометной орбиты. Если хвост действительно лежит в этой плоскости, то какую бы фигуру в этой плоскости ни имела его ось, во время прохождения Земли через плоскость орбиты, т. е. когда долгота Земли равна долготе восходящего или нисходящего узла кометной орбиты, хвост должен представляться прямолинейным и идти по направлению, прямо противоположному Солнцу, т. е. по большому кругу, соединяющему Солнце с кометой. Из наблюдений Тихо-Браге оказывается³, что хвост кометы 1590 г. до 25 февраля включительно был отклонен в одну сторону от большого круга, соединяющего Солнце с кометой; с 26 февраля он был отклонен в сторону

¹ Hevel, Cometographia, p. 484.

² Brandes, Unterhaltungen für Freunde der Physik und Astronomie, Heft II, 1826.

³ Brandes, l. c., p. 87.

противоположную. Отсюда Брандес весьма справедливо заключает, что 26 февраля Земля прошла через ту плоскость, в которой находились Солнце и хвост кометы; через плоскость же орбиты Земля должна была пройти утром 24 февраля.

Это показывает, как будто хвост не лежал совершенно в плоскости орбиты. Конечно, нужно принять в расчет неточность орбиты, с одной стороны, и неточность наблюдений хвоста, с другой стороны. Все же отсюда можно заключить, что хвост был близок к плоскости орбиты. Другое наблюдение, приводимое Брандесом, относится к хвосту кометы 1618 г. По элементам Бесселя, Земля прошла через плоскость кометной орбиты утром 7 декабря. Круг, проведенный чрез комету и отдаленную точку хвоста, почти совпадает с большим кругом, идущим через Солнце и комету. К тому же Цизат, наблюдавший эту комету, замечает, что в это же время, т. е. утром 7 декабря, хвост представлялся прямее, чем в другое время. Таким образом и тут хвост лежал в плоскости кометной орбиты настолько точно, как только это можно вывести из наблюдений¹. Относительно новейших комет Виннеке в своем мемуаре о комете Донати собрал наблюдения направлений хвостов, которые опять подтверждают, что хвосты эти лежали в плоскостях орбит или, по крайней мере, очень близко к ним. Кометы, которые исследовал Виннеке, суть: 1840 г. (I), 1843 г. (I), 1844 г. (III), 1853 г. (III) и 1858 г. (V). Он присовокупляет еще, что хотя коме-

¹ Brandes, *ibid.*, p. 90.

та 1857 г. (VI) не была наблюдаема во время прохождения Земли через ее орбиту, но так как долгое время хвост совпадал с большим кругом Солнца — комета и в последние дни Земля была близка к плоскости орбиты, то положение хвоста в плоскости этой можно считать доказанным и тут ¹. Мы можем еще прибавить, что то же самое следует из наблюдений кометы 1823 г., которая кроме обыкновенного хвоста имела еще хвост, направленный к Солнцу. Вершина угла, образуемого хвостами, 22 января была обращена к югу ², а 24 января, напротив, — к северу ³. 23 января оба хвоста были на одной линии, направленной к Солнцу, и в это же время Земля находилась в узле орбиты.

Принимая, что хвост лежит в плоскости орбиты, Брандес ⁴ исследовал положение хвостов относительно радиуса-вектора. Ниже мы изложим формулы, посредством которых определяется это положение из наблюдаемого положения хвоста на небесном своде, теперь же сообщим только результаты таких исследований. Брандес подвергнул вычислению наблюдения комет от 1472 до 1665 г. и, кроме того, кометы 1811 г. и пришел к заключению, что хвост почти всегда отклонен от радиуса-вектора и изогнут в ту сторону, откуда движется комета, так что можно сказать, что хвост отстает

¹ W i n n e s k e, l. c., p. 61—64.

² «Astronomische Nachrichten», № 50.

³ Ibid., № 49.

⁴ B r a n e s d., l. c., Ueber die Gestalt des Kometenschweife.

всегда от радиуса-вектора. Только в редких случаях шел он по направлению радиуса-вектора, как, например, в комете 1607 г. (Галлея) от 27 по 29 сентября ¹; но нужно заметить, что при этом явлении хвост был очень короток, так что наблюдения относились только к близким к ядру частям. С 7 по 9 октября уже оказывается отставание хвоста, длина которого увеличилась больше, чем вдвое. Еще реже обнаруживалось небольшое отклонение хвоста от радиуса-вектора в сторону движения кометы и то только для некоторых отдельных дней наблюдений, так что его смело можно приписать погрешностям, действительно, плохим наблюдений.

Изогнутость хвостов была, собственно, замечена уже в древности: отсюда сравнение хвостов с саблями и т. п. Изогнутыми описывают хвосты комет 479 г. до н. э., 192 г. до н. э., 1232, 1264, 1340 гг. и др. Но долго существовало сомнение в действительности этого искривления. Так Тихо Браге думает, что искривления, собственно, нет, но что оно является от аберрации зрения или от параллакса. Галилей, Цизат, Гассенди и др. приписывали его рефракции света в атмосфере Земли и т. д. ².

С развитием исследований хвостов эти совершенно ложные мнения были преданы забвению, потому что несколько не могут объяснить явления.

Результаты, выведенные Брандесом, вполне подтверждаются наблюдениями хвостов всех комет, явив-

¹ Ibid., p. 89.

² N e v e l, Cometographia, p. 493.

шихся с 1665 г. до настоящего времени: все сколько-нибудь тщательные исследования хвостов обнаруживают отставание их от радиуса-вектора и большее или меньшее искривление в ту сторону, откуда идет комета.

Общая форма кометных хвостов есть параболический коноид, более или менее изогнутый; его можно сравнить с фигурой рога, более или менее расширенного от одного конца к другому. Сечения его, перпендикулярные к оси, более или менее близки к кругам. Сказанное относится только к одному хвосту, или когда комета имеет несколько хвостов, то к каждому из этих отдельных хвостов. К такой форме привели Брандеса его исследования комет, причем он обращал внимание на перспективные изменения формы хвоста, зависящие от разнообразных положений наблюдателя относительно хвоста¹. Такую форму не могли, впрочем, не приписать некоторым отдельным кометам различные наблюдатели еще прежде Брандеса, например Ольберс комете 1811 г.² Эта же форма представляется сама собой при рассматривании рисунков комет 1819, 1823, 1835, 1853, 1857, 1858, 1860, 1861 гг. и других, если только примем в соображение положения наблюдателя относительно хвоста.

Мы говорили, что сечения хвоста, перпендикулярные к его оси, более или менее близки к кругам. Для кометы 1858 г. (V) Папе³ весьма основательно выводит,

¹ Brandes, I. c., p. 107 sq.

² Olbers, «Monatliche Correspondenz», Bd. XV, p. 6.

³ «Astronomische Nachrichten», № 1174.

как увидим ниже, что сечения эти на значительных расстояниях от головы были приблизительно эллипсисы, большие оси которых лежали в плоскости кометной орбиты и почти в четыре раза были больше меньших осей, перпендикулярных к сказанной плоскости, — весьма вероятно, что такие же заключения можно приложить и к некоторым другим кометам.

Вершина хвоста у большинства комет единогласно принимается за параболоид вращения, в фокусе которого приблизительно помещается наиболее сгущенная часть кометы — ядро. Так описывают вершины хвостов комет 1744 г. (Гейнзиус), 1811 г. (Ольберс), 1835 г. (Бессель, В. Струве и др.), 1853 г. (Шмидт, Швейцер), 1858 г. (V) (О. Струве, Виннеке, Медлер и др.). Форма эта, может быть, и не есть строго форма параболоида вращения, но, по крайней мере, она так близка к ней, что в теоретических соображениях относительно кометных хвостов вершину их можно считать параболоидом вращения, особенно при той точности наблюдений, какая возможна при кометных хвостах.

Можно указать рисунки хвостов, начало которых выходит из туманности, окружающей ядро, и бывает как бы охвачено этой туманностью, которой диаметр больше диаметра прилежащей к ней части хвоста. Таков был хвост кометы 1853 г. (IV) (Брунса), по рисункам Дарре. Комета Галлея в 1835 г. 29 сентября, 3 и 8 октября¹ представляла круглую туманность,

¹ W. Struve, Beobach. des Hal. Kom. Fig. 1, 2, 3, 8.

окружавшую ядро, к которой примыкал, на противоположной Солнцу стороне, слабый хвост, с диаметром, меньшим диаметра туманности; но позже, как видно по рисункам В. Струве, вершина хвоста была параболоидом. Обе части кометы Биелы представляли подобное же соединение туманности, окружавшей ядро, с началом хвоста ¹. В комете Галлея видно, что круглая форма начала хвоста перешла с приближением кометы к перихелию в параболическую, и этот переход как бы обуславливался сильным развитием истечения и переходом его в хвост.

Что касается комет, являвшихся до настоящего столетия, то для них кроме упомянутой уже кометы 1744 г., мы не имеем по словам Ольберса ² хороших рисунков. Фигуры Цизата и Гевеля по большей части очень плохи; лучше рисунки Гука, но они были сделаны грубо, по воспоминанию, и издателем сочинений Гука, Валлером, нарисованы *ex ingenio* и по описаниям Гука. Мессье совсем не рисует головы кометы 1769 г., а вместо нее ставит просто пустой круг.

Весьма важное явление в кометных хвостах есть темная, более или менее широкая полоса, замеченная во многих из них. Полоса эта идет от головы приблизительно посередине хвоста, более или менее расширяясь, иногда до самого конца хвоста, иногда же теряется на некотором расстоянии от головы. Такие полосы Ольберс указывает в хвостах комет 1665, 1680, 1682,

¹ A r a g o, «Astron. Popul.», t. II, fig. 211.

² O l b e r s, «Monatliche Correspondenz», Bd. XXV, p. 8—9.

1744 и 1769 гг. ¹. Большая часть блестящих комет нынешнего столетия более или менее резко представляла эту полосу. Такую полосу в прошлом столетии считали тенью, которую отбрасывает ядро, освещенное Солнцем, не принимая при этом в соображение ни относительной величины ядра и Солнца, ни расширения полосы с удалением от ядра, ни ее уклонения вместе с хвостом от радиуса-вектора, ни ее искривления. Гейнзиус из рассмотрения такой полосы в комете 1744 г. дошел до верного, впоследствии вполне подтвержденного понятия о форме кометного хвоста, имеющего такую полосу. В своем описании кометы 1744 г. он говорит следующее ². «Вообразим себе, что пары восходят вокруг ядра в хвост в виде короны, так что корона стоит по направлению высоты в сторону, противоположную Солнцу, а по направлению ширины обращена к глазу; тогда легко понять, почему стороны ее будут казаться яснее и светлее: пары находятся тут одни за другими на большем протяжении по причине бокового изгиба короны, а на передней и задней сторонах нам представляется только толщина стенок, прозрачных по причине тонкости паров».

К такому же объяснению привело Ольберса рассмотрение хвоста кометы 1811 г. «Ясно — говорит он ³, заключая описание этой кометы, — что ядро с облегающей его атмосферой заключалось в полом,

¹ O l b e r s, *ibid.*, p. 11.

² H e i n s i u s, *l. c.*, p. 60.

³ O l b e r s, «Monatliche Correspondenz», Bd. XXV, p. 6.

почти пустом параболическом коноиде паров, стенки которого не имели значительной толщины».

Последующие появления комет подтвердили такое воззрение, так что в настоящее время оно составляет одно из самых бесспорных положений относительно формы кометных хвостов.

Общее замечание, к которому приводит рассмотрение рисунков комет, сделанных преимущественно в настоящем столетии, заключается в том, что выпуклый край хвоста, т. е. предыдущий по истинному движению в пространстве, постоянно представляется несколько светлее и более резко очерченным, чем край последующий, который является всегда более размытым. Это, конечно, имеет место для хвостов, значительно светлых, в которых, может быть, еще замечается такое различие света.

Что касается до величины хвоста, то она чрезвычайно различна для разных комет и даже для одной и той же кометы изменяется в огромных пределах, возрастая от нуля до миллионов миль и затем снова уменьшаясь до исчезновения. Сколько можно вывести из измерений, на которые часто влияет состояние атмосферы, присутствие Луны над горизонтом и более или менее выгодное положение кометы на небе, наибольшую величину получает хвост спустя некоторое время после прохождения кометы через перихелий. Так, для кометы Донати Медлер дает следующие величины длины хвоста ¹.

Сентября 29	5,4 млн. миль	Октября 5	9,2 млн. миль
Октября 2	6,2 » »	» 11	6,0 » »
» 4	7,3 » »		

Такое увеличение и затем уменьшение хвоста после перихелия, который для этой кометы имел место 30 сентября, подтверждается наблюдениями Кратча в Гере¹, Гейса², Реслгубера³, в Москве⁴ и др. Хвост кометы 1680 г. достигал 22 млн. миль; хвост кометы 1811 г. имел 12 млн. миль; хвост кометы 1843 г., которая ближе всех подходила к Солнцу, достигал 32,5 млн. миль, а по некоторым наблюдателям даже 45 млн.

Примечание. Темное пространство, которое идет вдоль хвоста, начиная от ядра, появляется с того времени, когда истечение из ядра к Солнцу развилось настолько, что дуги его, огибая с обеих сторон ядро, переходят в хвост. Большее или меньшее расхождение этих дуг обуславливает большую или меньшую ширину темного пространства и, следовательно, более или менее заметное удаление краев хвоста. До развития истечения точно за ядром не замечается темной полосы. Это видно на рисунках Гейнзуса 5, 25 и 31 января⁵. Но лучше всего это обнаруживается в комете Галлея, которую в 1835 г. удалось наблюдать как около перихелия, так и на значительных расстояниях до и после него. 29 сентября и 3 октября

¹ «Wochenschrift für Astron.», № 45.

² «Astronomische Nachrichten», № 1169.

³ Ibid.

⁴ «Вестник естественных наук», № 1, 1859 г.

⁵ Heinsius, l. c., Fig. 1, 2, 3.

¹ «Westerman. Monatshefte», № 40.

хвост по всей своей длине, как видно из рисунков В. Струве, сделанных при помощи трубы ¹, если не был светлее посредине, то, по крайней мере, отнюдь не темнее, чем на краях. 27 октября В. Струве прямо говорит, что хвост светлее на краях, чем посредине ². Далеко после перихелия, начиная с 25 января 1836 г. середина хвоста позади головы была положительно светлее краев; она представлялась как бы особым тонким хвостом внутри хвоста кометы. Истечения к Солнцу в это время уже не было вовсе ³.

Разделение хвоста кометы Донати началось, собственно, только 15 сентября ⁴. 12 сентября различие света краев и середины не было еще очень заметно ⁵, между тем как позже, с сильным развитием истечения около перихелия, это разделение было поразительно ясно по свидетельству всех наблюдателей.

Отсутствие заметного разделения хвоста темной полосой Ольберс ⁶ еще считает принадлежностью тех комет, у которых на стороне к Солнцу не замечалось хвостовой материи, т. е. истечения. Он причисляет к ним комету 1807 г. Из новейших сюда относится комета 1853 г. (IV), комета Биелли и др. Но по предыдущему, особенно из рассмотрения кометы Галлея, видно, что одна и та же комета может иметь хвост то неразделенным, то разделенным, смотря по развитию истечения, которое обуславливается близостью к Солнцу. Конечно, некоторые кометы могут и не достигать этой высшей фазы развития хвоста, что зависит от расстояния их перихелия от Солнца и от свойства их вещества. С этими фазами развития хвоста находится в связи, если припомним, сказанное выше относитель-

¹ W. Struve, Beob. des Hall, Kom., Fig. 4.

² Ibid., S. 51.

³ Herschel, Results of observations at the Cape, § 354.

⁴ Donati, «Wochenschrift für Astron.», № 50.

⁵ Winnecke, l. c., p. 55.

⁶ Olbers, «Monatliche Correspondenz», Bd. XXV, p. 10, 11.

по формы вершины хвоста, самый способ соединения хвоста с головою, или, что то же, способ излияния вещества из кометы в хвост (фиг. 5).

Кроме общего очерка фигуры хвоста для теории хвостов не лишены значения некоторые частные заметки, указывающие на распределение в нем вещества. В этом случае самая удобная по своему свету, положению относительно Земли и по старательным наблюде-



Фиг. 5.

ниям есть комета Донати, а потому мы приведем здесь существенные черты из описаний ее хвоста, сделанных различными наблюдателями, присоединив к ним для сравнения сведения о других кометах. Так на Дерптской обсерватории исключительно исследовал явления хвоста и описывает их так ¹:

Сентября 23. Две очень определенные полосы света переходят, параболически искривляясь, в хвост. Между ними темная полоса.

¹ Beobachtungen der Kaiserlichen Sternwarte, Dorpat, Bd. 15, 1 Abteilung.

Октября 2. Выпуклая сторона (предыдущая по движению в пространстве) резко очерчена и очень светла, вогнутая бледна и размыта. Ширина хвоста очень увеличилась.

Октября 5. Искривление хвоста представляется все сильнее и сильнее. К концу он расширяется в виде пера на размытой стороне, и тут же заметно несколько светлых лучей. Темная полоса заметнее и длиннее.

Октября 6. Край выпуклой стороны не так резко очерчен, как прежде. Темная полоса еще длиннее и шире.

Октября 7. На выпуклой стороне появились также лучи в виде бородки пера. Темная полоса еще длиннее и шире.

Октября 8. Ширина хвоста еще увеличилась и перовидные излучения стали заметнее. Темную полосу можно проследить до половины хвоста.

Октября 9. Наибольшая ширина хвоста 10° . Светлейшая часть хвоста представляет отдельную фигуру в виде снопа.

Папе говорит ¹, что до 4 октября выпуклый край хвоста был правильно изогнут. 5 октября заметна стала небольшая неровность в изгибе, которая увеличивалась ежедневно. Из этой неровности 7 числа выступило несколько тонких полос, которые в виде столба выходили из границ хвоста под углом к ней в 10° . 9 октября из выпуклого края, в расстоянии 24° от

¹ Папе, «Astronomische Nachrichten», № 1172.

ядра, выступила светлая колонна; она была светлее прилежащих частей хвоста, так что за ней можно было следить далеко в хвосте по направлению к ядру. Это, очевидно, тот сноп, который описывает Лаис. Таким образом хвост разделен на две части: одну светлую и тонкую и другую — широкую и размытую. В следующий вечер замечалось то же явление. Этот сноп не должно, впрочем, смешивать с другим хвостом, виденным в Пулкове и Геттингене. По наблюдениям Виннеке, верхняя, т. е. дальнейшая от головы, часть самого хвоста представляла полосы 8 октября. 9 октября это строение стало еще заметнее. Из этих полос две были светлее других и имели общую точку, из которой расходились к концу хвоста ¹. Достаточно точно можно было заключить, что полосы эти расходились не в голове кометы, но значительно выше ее — в хвосте ².

По этому поводу Виннеке приводит наблюдение Шезо над кометой 1744 г. Шезо рассказывает, что видел «пять больших хвостов в виде беловатых лучей, которые подымались над горизонтом, одни более, другие менее косвенно к нему, до высоты 22° , и столько же занимали в ширину.

Эти лучи имели до 4° ширины, но внизу несколько суживались. Края их были довольно явственны и прямолинейны; каждый из лучей состоял из трех полос: средняя была темнее и вдвое шире крайних, промежуток

¹ Winnecke, l. c., p. 33.

² Ibid., p. 66.

между ними были темны, как остальное небо; однако же внизу виднелся свет, похожий на свет краев лучей. Кроме этих пяти хвостов, окаймленных белыми полосами, был еще шестой более короткий, в котором не было заметно полос, может быть, потому, что он был ниже». Это наблюдение было произведено 8 и 9 марта, в то время, когда голова кометы была очень низко под горизонтом, и потому замечание Шезо, что лучи как бы шли к той точке, где находилась голова, нельзя считать очень доказательным.

Полосы были очень заметны в хвосте кометы 1769 г. по описанию Мессье, которое приводит Виннеке ¹.

Сентября 4. Хвост, начиная от ядра, почти до 8° расстояния от него был разделен по длине светлыми и темными полосами, которые шли по направлениям параллельным.

Сентября 5. Хвост от ядра до 10° или 12° состоял из лучей света, параллельных между собою; середина хвоста была темна.

В комете 1811 г., напротив того, не было замечено Гершелем в его могущественные телескопы никакого указания на полосы, хотя он внимательно исследовал туманную массу кометы. Он сравнивает ее с млечной туманностью туманного пятна в Орионе ².

Может быть, аналогию с наблюдением Шезо имеет наблюдение над кометой 1843 г. Когда хвост ее 25 марта скрылся, то небо над западным горизонтом

¹ Winnecke, l. c., p. 58, 59.

² Winnecke, l. c., p. 59.

казалось как бы прорезанным вертикальными полосами света, подобными тем, какие бывают при северном сиянии ¹.

Некоторые, впрочем, немногие, кометы имели два и более хвоста, причем иногда эти хвосты были направлены к Солнцу. Мы упомянем первоначально об обыкновенных, т. е. отвлеченных от Солнца хвостах.

1. В комете 1577 г., начиная с 28 ноября, в течение нескольких дней Корнелий Гемма замечал второй хвост, более отклоненный и изогнутый, чем главный ².

2. Комета 1744 г. имела также второй хвост, отставший более главного. Он замечен был Шезо еще 9 января в виде выступа; потом заметнее отделился от главного ³.

Этот побочный хвост видел и Гейнзиус ⁴.

3. У кометы 1807 г. был также побочный хвост, прямой, тонкий и слабый. Он был длиннее главного и менее загнут. Длина его равнялась 4°,5, а длина главного 3°; угол между ними (видимый) был равен 21°. Бессель видел этот хвост с 22 октября ⁵.

4. В комете 1811 г. Ольберс заметил 9 октября слабые, но заметные следы второго хвоста ⁶.

¹ Швейцер, О кометах, 1853 г., p. 16.

² Nevel, Cometographia, p. 454.

³ Winnecke, l. c., p. 53.

⁴ Heinsius, l. c., fig. 2.

⁵ Bessel, Sur la constitution physique de la comete de Halley, «Connaissance des temps», 1840.

⁶ Olbers, «Monatliche Correspondenz», Bd. XXV, p. 12,

5. Большая комета 1843 г. имела также два хвоста ¹. Позднейший хвост был вдвое длиннее прежде явившегося, но слабее его. К сожалению, при описании его не говорится об относительном положении хвостов: Две недели после появления его, т. е. 25 марта, оба хвоста слились, ибо Земля вступила в плоскость кометной орбиты.

6. Комета 1858 г. (V) имела также два хвоста. Кроме большого, светлого, сильно изогнутого хвоста замечен был Виннеке, 16 сентября ², и потом другими наблюдателями ³ тонкий, очень слабый, прямой хвост, мало отклоненный от направления радиуса-вектора.

7. Комета 1861 г. (II), кроме огромного светлого хвоста, имела другой, более отставший, более изогнутый и короткий хвост ⁴.

Вот немногие, известные нам кометы с двойными хвостами, отвращенными от Солнца. Быть может, это явление чаще имеет место, но слабость света, которую обыкновенно отличаются двойные хвосты, и часто невыгодные положения кометы служат причиной того, что оно замечается так редко. Подтверждением сказанного служит то, что из множества астрономов, наблюдавших комету Донати, только весьма немногим удалось видеть слабый двойной хвост ее.

Также редки, если не реже, явления побочных хвостов, направленных к Солнцу, которые также отлича-

¹ «Astronomische Nachrichten», № 493.

² Winnecke, I. c., p. 29.

³ «Astronomische Nachrichten», № 1167.

⁴ «Astronomische Nachrichten», № 1324.

ются обыкновенно слабым светом. В хронологическом порядке кометы, имевшие такие хвосты, располагаются таким образом:

1. В комете 1577 г. Корнелий Гемма заметил 3 декабря хвост, направленный к Солнцу. Комета эта вообще наблюдаема была с 13 ноября ¹. Перихелий имел место 26 октября, и расстояние его равнялось 0,18.

2. Ольберс говорит ², что у знаменитой кометы 1680 г. хвост, направленный к Солнцу, замечен был Готфридом Кирхом. Хвост этот был очень слаб и виден был 28 и 29 декабря старого стиля (7 и 8 января). Открыта комета 14 ноября. Время перихелия — 8 декабря; расстояние его 0,006.

3. В комете 1823 г. ³ необыкновенный хвост, как называет такие хвосты Ольберс, виден был от 23 по 30 января 1824 г. Ольберс утверждает в противоположность мнению Вальца, что это не был обыкновенный сильно загнутый и видимый в перспективе хвост. Длина его была около 7°, а обыкновенного — только 3°, 5. Этот же хвост виден был в Париже, Марселе, Бремене, Геттингене и Праге. Открыта комета 30 декабря. Время перихелия — 9 декабря; расстояние его 0,23.

4. Комета 1844 г. имела два хвоста; слабейший был направлен к Солнцу и виден был с 11 по 25 января

¹ Hevel, Cometographia, p. 454.

² «Astronomische Nachrichten», № 192.

³ Ibid.

1845 г.¹ Открыта комета 18 декабря. Время перихелия 13 декабря; расстояние перихелия 0,25.

5. Комета Брорсена 1851 г., открытая 22 октября, имела также необыкновенный хвост. Брорсен в Зонфтенберге видел 22 октября светлое ядро и блестящий более 1° хвост, обыкновенный, и другой, меньший, направленный к Солнцу². 23 октября по наблюдению Брорсена оба хвоста составляли фигуру одного на концах хвостов усеченного конуса, более широкое основание которого принадлежало правильному хвосту³.

Октября 24 Литтров видел оба хвоста почти на прямой линии. Обыкновенный был светел и имел около 30' в длину, а необыкновенный — слаб и всего около 8' длиной⁴. 21 ноября необыкновенный хвост по словам Литтрова был едва приметен. Время перихелия — 30 сентября; расстояние его 0,14.

Ольберс в статье своей об аномальных кометных хвостах⁵ замечает по поводу хвостов комет 1823 и 1680 гг., что явление необыкновенного хвоста продолжается немногие дни и что замечаются они только после перихелия и притом на довольно большом расстоянии от него.

Интересно, что это замечание, выведенное только из наблюдений над двумя кометами, не опровер-

¹ Monthly Noticer., Vol. VI. №№ 14, 16, 17.

² Astr. Nachr., № 780.

³ Astron. Nachr., № 782.

⁴ Ibid., № 781.

⁵ Ibid., № 192.

гается, а напротив подтверждается другими кометами, которые мы привели выше.

Замечательно, что все кометы с аномальными хвостами имели весьма небольшое перихелиальное расстояние: наибольшее из них едва превосходит 0,2. Нельзя не сожалеть, что почти все они видимы были только после перихелия, и поэтому мы не знаем, развивались ли у них аномальные хвосты на значительном расстоянии от Солнца до перихелия.

Говоря о хвостах, нельзя не упомянуть о явлениях пульсации или вибрации, замеченных в хвостах многих больших комет и подобных тем, которые представляют северные сияния. Они начинаются у головы кометы и в несколько секунд пробегают по всей длине хвоста. Такие вибрации замечены: Кеплером в комете 1607 г., хвост которой мгновенно увеличивался и уменьшался; Лонгомонтаном в комете 1618 г. и в ней же Цизатом; Гевелем в кометах 1652 и 1661 гг.; Пингре в комете 1769 г. Очень отчетливо замечены они в хвосте кометы 1843 г. и в более или менее сильной степени в хвостах других комет¹. Шретер в хвосте кометы 1807 г. заметил, что лучи света сокращались и удлинялись так быстро, что пробегали в секунду около миллиона географических миль² и т. д.

Долгое время думали, что это явление происходит от движения материи хвоста, но Ольберс показал, что объяснения его нужно искать в изменениях состояния

¹ Hind, l. c., p. 15.

² Monatl. Corresp., Bd. XXV, p. 364.

земной атмосферы. Различные части длинных кометных хвостов часто и даже большую частью находятся в различных расстояниях от Земли, и это различие расстояний может доходить до нескольких миллионов миль, так что свет для прохождения от конца хвоста к Земле употребляет несколько минут более или менее, нежели для прохождения от головы к Земле. Следовательно, если эти сотрясения действительно совершаются очень быстро, например, в одну секунду пробегают миллионы миль, то для того, чтобы заметить их прохождение по всему хвосту, нам нужно гораздо большее время. А так как по наблюдениям такие явления оказываются мгновенными, то, следовательно, они не могут совершаться в самом хвосте, — не могут быть объективными ¹.



Прежде чем пойдем далее, покажем приемы, посредством которых из наблюдений хвоста можно вывести координаты точек его оси относительно центра кометы и радиуса-вектора ее. Мы знаем уже, что ось хвоста лежит в плоскости кометной орбиты; допустим притом, что середина видимой фигуры хвоста есть продолжение на небесный свод его оси. Координаты какой-нибудь точки оси хвоста будут: расстояние ее (линейное) от центра кометы и угол этого расстояния с радиусом-вектором. Если проведем большие круги

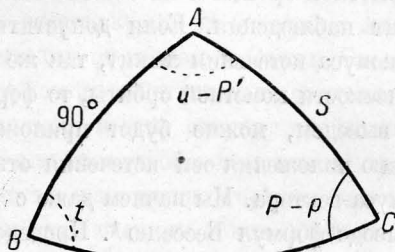
¹ Н и н д, I. с., р. 14—15.

через Солнце и комету и через комету и данную точку середины видимой фигуры хвоста, то угол этих кругов будет видимым в перспективе искомым углом. Чтобы освободить его от влияния перспективы, нужно знать элементы кометной орбиты и положения кометы и Земли в момент наблюдения. Если допустить, что ось пучка или конуса истечения лежит, так же как и ось хвоста, в плоскости кометной орбиты, то формулы, которые мы выведем, можно будет приложить также к определению положения осей истечения относительно ядра и радиуса-вектора. Мы начнем даже с истечения, следуя в выводе формул Бесселю ¹. Проведем из центра ядра прямые линии: одну перпендикулярно к плоскости орбиты, другую к какой-нибудь точке оси истечения (если эта ось прямая, то прямо по оси) и третью к Земле. Точки сечения этих линий, продолженных неопределенно, с небесной сферой означим соответственно через A , B и C и чрез эти точки проведем сферический треугольник (фиг. 6). Ясно, что сторона AB будет прямой угол, дуга $AC = S$ будет расстояние кометоцентрического места Земли от точки A . Дуга $BC = GT$ будет расстояние кометоцентрического места Земли от точки B . Угол при A будет угол двух пло-

¹ Bessel, «Connaissance des temps», 1840, р. 84—86.

Бредихин, ссылаясь на французский перевод мемуара Бесселя, ошибочно везде указывает «Connaissance des temps» 1839 вместо 1840 г. Ниже, в § 9, имеется ссылка на оригинальный мемуар, напечатанный в 1836 г. в «Astronomische Nachrichten», В. XIII. *Прим. ред.*

скостей, из которых одна идет через точку A , комету и Землю, другая — через A , комету и точку B . Если означим угол положения точки, взятой на оси истечения, при точке A через u и угол положения места

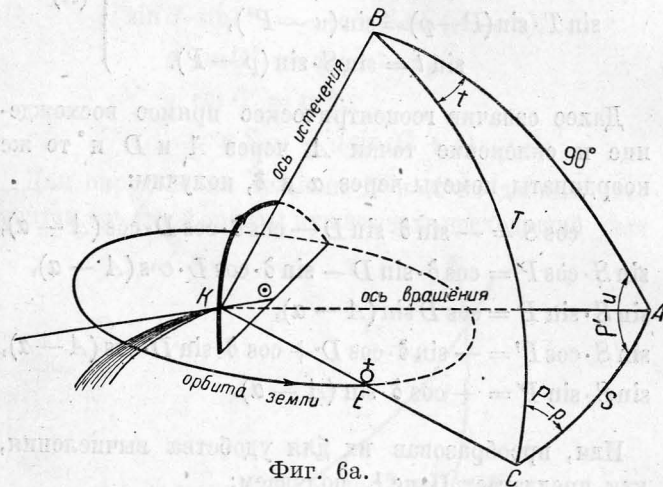


Фиг. 6.

Земли при той же самой точке A через P' , то угол при $A = u - P'$ ¹. Угол при C образован двумя плоскостями,

¹ В данном случае Бредихин, следуя Бесселю, считает углы не в том направлении, как нужно было бы по определению, а в противоположном, в зависимости от чего и формулы (А) на стр. 84 являются не вполне точными. Впоследствии это было замечено самим Бредихиным и независимо Крейцом. Папе, Виннеке и Маркузе повторяют в своих исследованиях ошибку Бесселя. Но эта ошибка, впрочем, существенного значения не имеет, когда имеется в виду исследование изменения в направлении истечения из ядра. Что касается построения точек истечения или хвоста по координатам: Δ — расстояние точки от ядра и $\varphi = u - u^\circ$ — угол положения, то в этом случае можно избежать недоразумения в знаке угла, если руководствоваться независимо от формул также геомет-

из которых одна проходит через комету, точку A и точку C , другая через комету, точку B и точку C ; и обе плоскости секутся по линии, идущей от кометы к Земле. Если означим через p наблюдаемый угол



Фиг. 6а.

положения точки оси истечения и через P — угол положения линии, идущей от кометы к точке A , при геоцентрическом месте кометы, то угол C будет равняться

рассуждениями, считая, как предложил Бессель, φ положительным в том случае, если точка истечения лежит впереди (по направлению движения кометы) радиуса-вектора, а следовательно, для точки хвоста, если она сзади продолженного радиуса-вектора. Для пояснения прибавляется еще чертеж (6а), который был дан для этого случая позднее Бредихиным в книге Егермана. *Прим. ред.*

$P-p$. Дугу S условимся считать всегда меньше 180° .

По формулам тригонометрии получим:

$$\left. \begin{aligned} \cos T &= \sin S \cdot \cos(u - P'), \\ \sin T \cdot \cos(P-p) &= -\cos S \cdot \cos(u - P'), \\ \sin T \cdot \sin(P-p) &= \sin(u - P'), \\ \sin t &= \sin S \cdot \sin(p - P). \end{aligned} \right\} (A)$$

Далее означив геоцентрическое прямое восхождение и склонение точки A через A и D и те же координаты кометы через α и δ , получим:

$$\begin{aligned} \cos S &= -\sin \delta \cdot \sin D - \cos \delta \cdot \cos D \cdot \cos(A - \alpha), \\ \sin S \cdot \cos P &= \cos \delta \cdot \sin D - \sin \delta \cdot \cos D \cdot \cos(A - \alpha), \\ \sin S \cdot \sin P &= \cos D \sin(A - \alpha), \\ \sin S \cdot \cos P' &= -\sin \delta \cdot \cos D + \cos \delta \cdot \sin D \cdot \cos(A - \alpha), \\ \sin S \cdot \sin P' &= +\cos \delta \cdot \sin(A - \alpha). \end{aligned}$$

Или, преобразовав их для удобства вычисления, как предлагает Папе¹, получаем:

$$1) \operatorname{tg} G = \operatorname{ctg} D \cdot \cos(A - \alpha),$$

$$2) \operatorname{tg} P = \frac{\sin G \cdot \operatorname{tg}(A - \alpha)}{\cos(G + \delta)},$$

$$3) \operatorname{tg} G' = \operatorname{ctg} \delta \cdot \cos(A - \alpha),$$

$$4) \operatorname{tg} P' = \frac{\sin G' \cdot \operatorname{tg}(A - \alpha)}{\cos(G' + D)},$$

$$5) \operatorname{ctg} S = -\cos P \cdot \operatorname{tg}(G + \delta) = \cos P' \cdot \operatorname{tg}(G' + D),$$

¹ «Astronomische Nachrichten», № 1172.

где полагаем:

$$g \sin G = \cos(A - \alpha),$$

$$g \cos G = \operatorname{tg} D,$$

$$\sin S \cdot \sin P = \cos D \cdot \sin(A - \alpha),$$

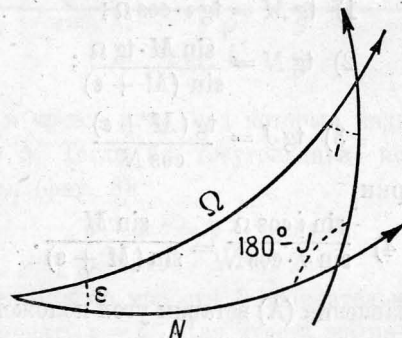
$$\sin S \cdot \sin P' = -\cos \delta \cdot \sin(A - \alpha),$$

$$g' \sin G' = \cos(A - \alpha),$$

$$g' \cos G' = \operatorname{tg} \delta,$$

$$\cos S = -g \sin(G + \delta) \cos D.$$

Для определения величин D и A по данным элементам кометной орбиты нужно знать восходящий узел



Фиг. 7.

орбиты на экваторе и ее наклонение к экватору; если означим первое через N , а второе через J , то получим $A = N - 90^\circ$ и $D = 90^\circ - J$.

Для определения же N и J имеем в треугольнике, в котором γ есть точка весеннего равноденствия, ε — наклонность эклиптики к экватору, Ω — восходя-

щий узел орбиты на эклиптике и i — ее наклонение к той же плоскости (фиг. 7),

$$\begin{aligned}\sin N \cdot \sin J &= \sin \Omega \sin i, \\ \cos N \cdot \sin J &= \cos i \sin \epsilon + \sin i \cos \epsilon \cos \Omega, \\ \cos J &= \cos \epsilon \cos i - \sin i \sin \epsilon \cos \Omega.\end{aligned}$$

Пусть

$$\begin{aligned}\cos i &= m \cos M, \\ \sin t \cos \Omega &= m \sin M,\end{aligned}$$

тогда

$$\begin{aligned}\cos N \cdot \sin J &= m \sin (M + \epsilon), \\ \cos J &= m \cos (M + \epsilon),\end{aligned}$$

откуда

$$\begin{aligned}1) \quad \operatorname{tg} M &= \operatorname{tg} i \cdot \cos \Omega; \\ 2) \quad \operatorname{tg} N &= \frac{\sin M \cdot \operatorname{tg} \Omega}{\sin (M + \epsilon)}; \\ 3) \quad \operatorname{tg} J &= \frac{\operatorname{tg} (M + \epsilon)}{\cos N}\end{aligned}$$

и для проверки

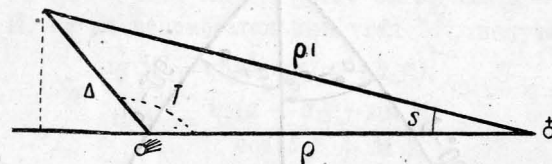
$$4) \quad \frac{\sin i \cos \Omega}{\sin J \cdot \cos N} = \frac{\sin M}{\sin (M + \epsilon)}.$$

Если в уравнении (А) вставим угол положения точки оси истечения p , то получим u — угол положения ее при точке А; если же вставим угол положения Солнца при комете p° , то получим u° — угол положения Солнца при точке А.

Разность этих углов будет, конечно, искомый угол.

Для точки оси хвоста, очевидно, стоит точно так же вставить сперва наблюдаемый угол положения этой точки, а потом угол положения Солнца $+180^\circ$.

Разность полученных таким образом u будет искомый угол для точки оси хвоста. $\sin T$ будет перспективное сокращение радиуса-вектора либо линии, идущей от кометы к точке оси истечения, либо хвоста, смотря по тому, какие величины p и u вставим в формулы. Для определения расстояния точки оси хвоста от ядра назовем его через Δ , обозначим через ρ — расстояние Земли до ядра, через δ расстояние Земли от



Фиг. 8.

точки оси и чрез s угол, под которым видно с Земли расстояние Δ . Тогда из треугольника получим без затруднения (фиг. 8):

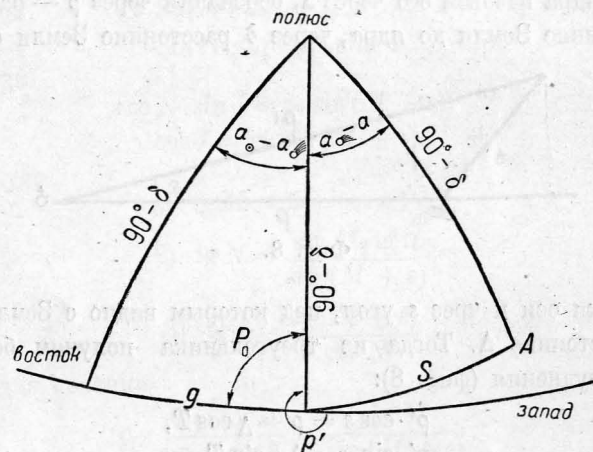
$$\begin{aligned}\rho' \cdot \cos s &= \rho - \Delta \cos T, \\ \rho' \cdot \sin s &= \Delta \cdot \sin T.\end{aligned}$$

Для истечения по малости Δ сравнительно с ρ и ρ' , можно положить $\rho = \rho'$. Для хвоста же по известным T , ρ и s определяются Δ и ρ' .

Для полноты приложим формулы для определения углов положения Солнца по его координатам и углов положения точек оси хвоста по их координатам.

Пусть p° есть угол положения Солнца при ядре, а $180^\circ + p^\circ = p$ будет угол положения продолженного радиуса-вектора также при ядре.

Означим прямое восхождение и склонение кометы через α_{\odot} и δ_{\odot} , соответственные координаты Солнца через α_{\odot} и δ_{\odot} и координаты точки оси хвоста α и δ ; расстояние от Солнца до кометы (угловое) через g и угловое расстояние точки оси от ядра через s .



Фиг. 9.

Тогда получим, означая полюс через P и точку оси через A (фиг. 9):

$$\sin g \sin p^{\circ} = \sin (\alpha_{\odot} - \alpha) \cos \delta_{\odot},$$

$$\sin g \cos p^{\circ} = \sin \delta_{\odot} \cdot \cos \delta -$$

$$- \cos \delta_{\odot} \cdot \sin \delta \cdot \cos (\alpha_{\odot} - \alpha),$$

$$\cos g = \sin \delta_{\odot} \sin \delta + \cos \delta_{\odot} \cos \delta \cdot \cos (\alpha_{\odot} - \alpha),$$

и отсюда, вводя вспомогательный угол M , получим:

$$1) \operatorname{tg} M = \operatorname{ctg} \delta_{\odot} \cos (\alpha_{\odot} - \alpha),$$

$$2) \operatorname{tg} p^{\circ} = \frac{\operatorname{tg} (\alpha_{\odot} - \alpha) \sin M}{\cos (M + \delta_{\odot})}.$$

Для определения угла положения точки A

$$\sin s \cdot \sin p' = \cos \delta \cdot \sin (\alpha - \alpha'),$$

$$\sin s \cos p' = \sin \delta \cos \delta' - \cos \delta \cdot \sin \delta' \cdot \cos (\alpha - \alpha'),$$

$$\cos s = \sin \delta \cdot \sin \delta' + \cos \delta \cdot \cos \delta' \cos (\alpha - \alpha').$$

И, вводя вспомогательный угол M' , получим:

$$\operatorname{tg} M' = \operatorname{ctg} \delta \cdot \cos (\alpha - \alpha'),$$

$$\operatorname{tg} p' = \frac{\operatorname{tg} (\alpha - \alpha') \cdot \sin M'}{\cos (\delta' + M')},$$

$$\operatorname{tg} s = \frac{\operatorname{ctg} (\delta' + M')}{\cos p'}.$$

Допущение, что середина видимой фигуры хвоста есть положение истинной его оси, справедливо в том случае, когда фигура хвоста есть поверхность, происходящая от вращения около продольной оси, и когда расстояние кометы от Земли очень велико сравнительно с поперечными сечениями хвоста. Это может быть смело отнесено к частям хвоста, близким к голове. Но для всего хвоста или значительной части его такое допущение уже не будет точно. Для определения истинной оси нужно знать закон искривления этой оси и закон изменения поперечных сечений хвоста в различных расстояниях от головы, равно как их фигуру; а нам известно только положение Земли и кометы, положение кометного пути и положение

на небесный свод видимого очертания хвоста. Ясно, что этих данных недостаточно, чтобы без всяких предположений определить истинную фигуру хвоста и положение его оси. Однако можно сделать определения, близко подходящие к истинным, сделав допущение, что ось хвоста, по крайней мере, близко соответствует той линии, которая представляется срединной линией хвоста.

Если вообразим из глаза наблюдателя конические поверхности, из коих две касаются краев хвоста, а третья проходит через срединную линию хвоста, то сечения этих поверхностей с плоскостью орбиты будут представлять проложения на этой плоскости видимых краев хвоста и, приблизительно, его ось. Так как фигура хвоста лежит по обе стороны плоскости орбиты, то ясно, что проложения видимых краев его на эту плоскость часто и даже по большей части не будут совпадать с сечением поверхности хвоста плоскостью орбиты. Можно предположить некоторые приблизительные правила для определения истинной фигуры хвоста в плоскости орбиты и для поправки положения приблизительно верной оси. Решение этого вопроса предложено Брандесом и заключается в следующем¹.

Главное дело тут состоит в том, чтобы найти ту точку проведенной к краю хвоста линии зрения, в которой она касается коноида хвоста, если только допустим, что сечения хвоста плоскостями, перпендикулярными к оси, суть приблизительно круги.

¹ Brandes, Unterhaltungen für Freunde der Astronomie, Heft II, p. 109—112.

Если бы хвост был прямой цилиндр, то точка прикосновения была бы точка линии зрения, ближайшая к оси цилиндра. Это довольно справедливо также и для конуса в том случае, когда он не очень быстро расширяется; ибо, хотя к поверхности конуса и можно провести такие касательные, которые ближе всего подходят к оси вовсе не в точке прикосновения, но легко убедиться, что для большинства линий прикосновения к конической поверхности точка прикосновения совпадает с точкой наименьшего расстояния от оси; исключения встречаются только в тех линиях прикосновения, которые не очень значительно отклонены от направления, параллельного оси. Если хвост имеет такое положение, что линии зрения, проведенные к окружности хвоста, мало наклонены к его оси, то наблюдения хвоста в это время нужно оставлять в стороне. Такое положение может продолжаться лишь немногие дни. Для другого же времени можно считать вероятным и часто даже совершенно точным совпадение точки прикосновения с точкой наименьшего расстояния от оси. Нужно заметить, что искривление хвоста может увеличить число исключительных случаев.

На основании этих соображений определяется целый ряд точек, представляющихся нам на краю хвоста, относительно ядра кометы и оси хвоста. Если ось хвоста совпадает со срединной линией видимой его фигуры, то точка, лежащая на краю одной стороны хвоста, около известной точки оси, будет отдалена от этой последней точно так же, как точка, соответствующая

тому же месту оси, на другой стороне хвоста. Если это действительно имеет место, то положение оси, принятое нами, — верно. Во многих случаях, именно когда линии, проведенные от глаза к краям хвоста, составляют малые углы с плоскостью орбиты, этого согласия не оказывается, и следовательно, положение оси нужно поправить. Для этого допустим, что положение точек на краях, определенное по предыдущему способу, совершенно верно относительно кометы и относительно плоскости орбиты, и проведем в этой плоскости кривую линию, которая шла бы посредине между вычисленными таким образом краями. Конечно, это определение оси будет опять неточно, ибо положение прежде принятой оси, к которой мы все относили, не было точно; но можем допустить, что поправленная ось уже ближе к истинной. Таким образом повторим вычисление, отыскивая снова на линиях зрения, проведенных к окружности хвоста, точки, ближайšie к принятой вновь оси. Таким образом получится новый ряд точек. Считая, что они представляют истинное положение точек, являющихся нам на краях хвоста, смотрим, одинаково ли отдалены от оси точки, лежащие вправо и влево от нее. Совершенно точно, может быть, опять не получим оси, но так как истинное положение точек окружности хвоста во втором вычислении иногда не очень разнится от положения их в первом вычислении, то новая поправка оси по большей части так незначительна, что ее можно оставить без внимания. Если же этого нет, то нужно сделать

третье вычисление и т. д. Когда каждая новая поправка производит значительное изменение в положении оси, то такие наблюдения нужно отбросить, как неудобные для определения фигуры хвоста и положения его оси.

В предыдущем предполагалось, что сечения хвоста плоскостями, перпендикулярными к оси, суть круги, но мы видели, что в хвосте кометы Донати, а может быть, и в хвостах других комет эти сечения на значительных расстояниях от головы нужно считать эллипсисами. В таком случае предложенный способ определения сечения поверхности хвоста с плоскостью орбиты и положения оси на этой плоскости не может вести к удовлетворительным результатам. Папе в своем мемуаре¹ предлагает способ и в этом случае определять приблизительное сечение хвоста плоскостью орбиты. Так как способ этот может быть употреблен и тогда, когда сечения суть круги, то мы считаем нелишним изложить его здесь с выводом формул, необходимых для приложения к наблюдениям.

Вообразим прямую линию, проведенную из ядра кометы к той точке C , в которой линия зрения, проведенная к краю хвоста, встречается плоскость орбиты, и другую прямую, проходящую также через ядро, перпендикулярную к плоскости орбиты. Пусть эти линии, неопределенно продолженные, встречаются небесный свод в точках E и F . Через эти точки и через кометоцентрическое место Земли на небе G проведем сферический треугольник EFG .

¹ «Astronomische Nachrichten», № 1173.

Сторона FG согласно с прежним означением нашим будет S ; прилежащие ей углы: $p - P$ и $P' - u$. Угол, противоположный стороне S , назовем t ; сторона, противоположащая углу $P' - u$ будет T ; сторона $FE = 90^\circ$.

Вообразим, далее, в наблюдаемой точке хвоста, в которой линия зрения прикасается к его поверхности, линию, перпендикулярную к лучу зрения и встречающую плоскость кометной орбиты в точке D . Плоскость, в которой лежит этот перпендикуляр, который назовем через h , определяется тем условием, что она перпендикулярна к линии, проведенной от ядра к точке D . Линию h можно считать приблизительно известной ибо длину ее можно вывести из ширины хвоста близ наблюдаемой точки. Вместо кривой, по которой поверхность хвоста сечется с плоскостью, проходящей через h , можно приближенно взять круг с радиусом h . Пусть линии, проведенные от ядра через точки C , D и наблюдаемую точку хвоста, встречаются небесный свод соответственно в точках E , H и J .

По трем последним точкам построим сферический треугольник $E H J$. Треугольники наши на чертеже представляются таким образом (фиг. 10): $L K$ есть сечение плоскости орбиты с небесным сводом.

$FEH = 90^\circ$. Можно принять, что $E J H = 90^\circ$.

$$\cos T = \sin S \cdot \cos(u - P'),$$

$$\sin T \cdot \cos(p - P) = -\cos S \cdot \cos(u - P'),$$

$$\sin T \cdot \sin(p - P) = -\sin(u - P'),$$

$$\sin t = \sin S \cdot \sin(p - P).$$

Так как

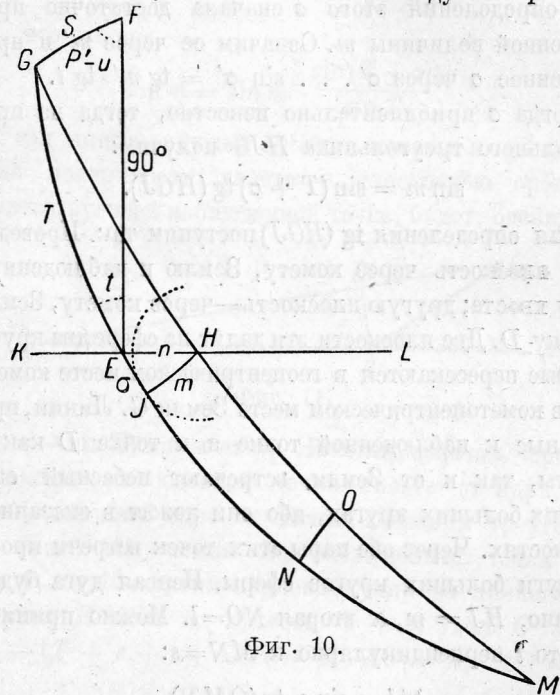
$$FEH = 90^\circ,$$

то

$$HEJ = 90^\circ - t.$$

Пусть $HJ = m$; $EH = n$ и $EJ = \sigma$.

Дуга большого круга между наблюдаемой точкой и ядром $= s$, угол положения этой дуги $= p'$. Под-



Фиг. 10.

становка p' в предыдущие уравнения даст соответственный угол u' ; u , соответствующее продолженному радиусу-вектору, будет $180^\circ + u^\circ$. Положим $(180 + u^\circ) - u' = \varphi'$.

Из треугольника $ЕНJ$ имеем:

$$\sin n = \sin m \cdot \sec t,$$

$$\sin \sigma = \operatorname{tg} m \cdot \operatorname{tg} t.$$

Для определения m и n нужно знать величину σ . Для определения этого σ сначала достаточно приближенной величины m . Означим ее через m' и приближенное σ через σ' . . . $\sin \sigma' = \operatorname{tg} m' \cdot \operatorname{tg} t$.

Когда σ приблизительно известно, тогда из прямоугольного треугольника $НJG$ получим:

$$\sin m = \sin (T + \sigma) \operatorname{tg} (HGJ).$$

Для определения $\operatorname{tg} (HGJ)$ поступим так. Проведем одну плоскость через комету, Землю и наблюдаемую точку хвоста; другую плоскость—через комету, Землю и точку D . Две плоскости эти дадут на сфере два круга, которые пересекаются в геоцентрическом месте кометы M и в кометоцентрическом месте Земли G . Линии, проведенные к наблюдаемой точке и к точке D как от кометы, так и от Земли, встречают небесный свод на этих больших кругах, ибо они лежат в сказанных плоскостях. Через обе пары этих точек встречи проведем дуги больших кругов сферы. Первая дуга будет, конечно, $HJ = m$, а вторая $NO = l$. Можно принять, что это l перпендикулярно к $MN = s$:

$$\operatorname{tg} l = \sin s \cdot \operatorname{tg} (OMN),$$

но $OMN = HGJ$, а потому $\operatorname{tg} (HGJ) = \frac{\operatorname{tg} l}{\sin s}$, и следо-

$$\text{вательно, } \sin m = \frac{\sin (T + \sigma) \operatorname{tg} l}{\sin s}.$$

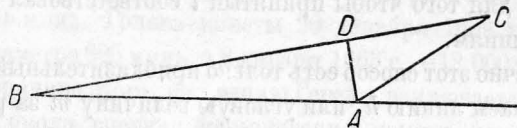
Приблизительное m , необходимое для получения приблизительного σ , получится отсюда при допущении $\sigma = 0$.

$$\sin m' = \frac{\sin T}{\sin s} \operatorname{tg} l; \quad \sin m = \frac{\sin (T + \sigma')}{\sin s} \operatorname{tg} l$$

или, что то же,

$$\sin m = \sin m' \cdot \frac{\sin (T + \sigma)}{\sin T}.$$

Угол линии, идущей от ядра кометы к точке сечения поверхности хвоста с плоскостью орбиты, соответствующей наблюдаемой точке, будет, очевидно,



Фиг. 11.

$\varphi' + n - m$. Назовем его φ . Наконец, означая через Δ расстояние наблюдаемой точки хвоста от ядра, через s расстояние ядра от Земли, составим треугольник (фиг. 11): земля B , наблюдаемая точка C , ядро A ; из A опустим перпендикуляр на линию CB . Но угол B есть s ; A есть $T + \sigma$, угол C есть $180^\circ - (T + s + \sigma)$; $AB = \rho$; $AC = \Delta$; $AD = \rho$,

$$\sin s = \Delta \sin (T + s + \sigma), \text{ откуда } \Delta = \frac{\rho \sin s}{\sin (T + s + \sigma)}.$$

Теперь нужно иметь из наблюдений величину l . Так как расширение хвоста в случае эллиптических се-

чений в плоскости орбиты больше, нежели в других направлениях, то за l нельзя взять половину видимого диаметра хвоста близ наблюдаемой точки, во время наблюдения. Но можно взять половину диаметра для того дня, в который положение хвоста относительно наблюдателя было таково, что измеренный в этот день видимый полудиаметр соответствовал приблизительно кривизне края хвоста в плоскости, перпендикулярной к оси. Из этого полудиаметра выводится уже l для различных дней, причем, конечно, нужно обращать внимание на расстояние наблюдаемой точки от ядра и от Земли, для того чтобы принятый l соответствовал этим расстояниям.

Конечно этот способ есть только приблизительный. Мы принимаем линию h , или угловую величину m за радиус того круга, который сливается с кривой сечения хвоста (плоскостью, перпендикулярною к KD) от точки наблюдаемой до встречи кривой с орбитой. Для этого нужно, чтобы точка D помещалась в центре сказанного круга; но такое условие может быть и невыполнимо, ибо положение h определено и без него.

После изложения формул, служащих для определения положения различных частей хвоста, равно как направленной к ним линии зрения, мы можем обратиться к более точному исследованию хвостов. Начнем с туманности, которая окружает ядро и так или иначе,

как видели выше, переходит в хвост. Замечено, что туманность эта у многих комет претерпевает более или менее изменение величины с изменением расстояния кометы от Солнца. Видимое изменение величины туманности усмотрено еще Кеплером в комете 1618 г. Гевель первый указывает на действительное изменение размеров туманности в течение времени видимости кометы. «Наблюдения кометы 1618 г. и кометы 1652 г. свидетельствуют, что головы этих комет в начале были меньше, чем в конце, т. е. около времени их исчезновения. Именно голова кометы 1618 г. 1 декабря имела в диаметре 144 немецкие мили, а 29 декабря — 1000 миль. Голова кометы 20 декабря 1652 г. имела в диаметре 825 миль, а 8 января 1663 г. — 12 000 миль»¹.

Причина этого, по мнению Гевеля, заключается в том, что около времени исчезновения кометы материя ее бывает тоньше и реже, нежели во время появления, и потому занимает больший объем. Ибо, говорит он, с течением времени частицы, составляющие комету, более и более растягиваются, разрезаются, утончаются и рассеиваются².

В описании явления и его объяснении Гевель не высказывает мысли, что головы комет уменьшаются с приближением к Солнцу; он допускает только увеличение с удалением от него. Ньютон, связывая изменение головы с явлением хвоста, принимает, что голова уменьшается с приближением к Солнцу оттого, что

¹ Hevel, Comet, p. 562.

² Ibid.

хвост образуется из ее материи. Когда хвост получит наибольшее развитие, тогда, напротив, туманность должна возрасти на счет материи хвоста.

Исследования Шретера над кометой 1807 г. подтвердили увеличение головы с удалением ее от Солнца¹. Из его измерений оказывается, что 20 октября при расстоянии кометы от Солнца в 0,917 диаметр туманности был равен 26 037 географическим милям, а 3 ноября при расстоянии от Солнца, равном 1,120, он был равен 43 772 милям, причем размер самого ядра не изменился с 8 октября по 10 декабря; диаметр его был равен 997 географическим милям.

Измерения величины кометы Энке, сделанные Струве и Ганзенем, показали уменьшение туманности с приближением к Солнцу. Так, в 1828 г., с 28 октября по 24 декабря диаметр ее от 68 000 миль уменьшился до 3 000 миль, причем радиус-вектор уменьшился от 1,46 до 0,54.

То же было в 1838 г. С 9 октября по 17 декабря диаметр уменьшился от 61 000 до 650 миль, а радиус-вектор от 1,42 до 0,34². Медлер объясняет такое огромное уменьшение тем, что комета Энке подходила к Солнцу ближе Меркурия, так что при этом была видна уже в значительно светлых сумерках. От этого значительная часть туманности делалась невидимой³. Может быть, что такое изменение было отчасти види-

¹ Monatl. Corresp. В. XXV, p. 364.

² Hind, l. c. p. 20.

³ Ibid.

мое, но только отчасти, потому что наблюдения других комет, к которым нельзя приложить замечания Медлера, показали также огромные изменения туманности. Так, наблюдения Д. Гершеля над кометой 1835 г. (Галлея) показывают, что объем сегмента параболаида хвоста, отсеченного плоскостью, проходящей через ядро и перпендикулярною к оси, увеличился от 25 января по 11 февраля в 74,3 раза¹.

Туманность кометы 1853 г. (Клинкерфуса) по наблюдениям Ю. Шмидта, произведенным до перихелия, оставалась почти постоянной от 7 июля по 30 августа². Наблюдения Шмидта, по значительным разностям между ними, нельзя, впрочем, считать точными. В конце этих наблюдений комета подходила к Солнцу почти так же близко, как комета Энке.

В комете 1858 г. (V) было, несомненно, огромное уменьшение туманности с приближением к Солнцу. Лучшие ряды наблюдений этого явления принадлежат О. Струве и Виннеке. Оба ряда сделаны в течение почти одинакового промежутка, почти в одинаковые дни и так близки между собою по результатам, что мы считаем нужным привести только один из них, именно Виннеке, дополнив его только одним наблюдением О. Струве 2 сентября, так как наблюдения Виннеке начинаются только с 4-го³. При наблюдениях мы при-

¹ J. Herschel, l. c., § 372.

² «Astronomische Nachrichten» № 883.

³ Pulk, Beobachtung des grossen Kometen von 1858. p. 37, p. 1—14 et figg.

ведем расстояние кометы от земли Δ , перепективное сокращение оси хвоста n , т. е. \sin того угла, который составляет линия зрения с осью хвоста, и, наконец, радиус-вектор кометы r . d представляет измеренное расстояние от ядра до вершины туманной оболочки.

	d	$\log \Delta$	n	$\log r$	Δd	$\frac{\Delta d}{n}$
Сентября 2 . . .	90"	0.2114	0.453	9 9194	146"	323"
» 4 . . .	78	0.1898	0.492	9.9061	121	246
» 12 . . .	102	0.1151	0.694	9.8447	133	192
» 24 . . .	34	9.9518	0.972	8.7733	30	31
» 29 . . .	27	9.8562	0.998	9.7625	20	20
» 30 . . .	26	9.8472	0.993	9.7625	19	19
Октября 5 . . .	31	9.7661	0.922	9 7114	18	20
» 7 . . .	39	9.7451	0.895	9.7788	21	24
» 8 . . .	37	9.7375	0.887	9.7835	20	23
» 9 . . .	40	9.7330	0.885	9.7888	21	24
» 13 . . .	35	9.7427	0.925	9.8132	19	21

Величинами $\frac{\Delta d}{n}$ Виннеке представляет истинные расстояния ядра от вершины оболочки, допуская, как видно из этого, что оболочка есть дуга, лежащая в плоскости орбиты. Однако это не совсем верно. Туманная оболочка окружает ядро на стороне к Солнцу либо в виде сферы, либо в виде параболоида вращения, как это и было у кометы Донати, как замечают и сам Виннеке¹ и Медлер². Для наблюдателя обо-

¹ Pulk. Beobachtung des grossen Kometen von 1858, p. 60.

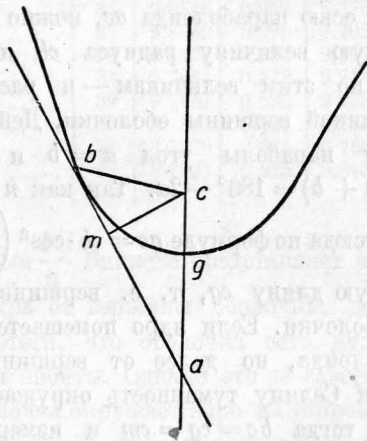
² «Astronomische Nachrichten» № 1167.

лочка представится ограниченной той кривой линией, по которой линии зрения прикасаются к ее поверхности. Из этого видно, что вершина видимой оболочки часто не будет совпадать с действительной вершиной, т. е. с оконечностью оси хвоста. Первая будет та точка поверхности, в которой линия зрения прикасается к сечению поверхности кометного хвоста плоскостью, проходящей через ось хвоста и через глаз наблюдателя. Пусть это сечение будет парабола $b g k$; линия зрения, проведенная к видимой вершине, будет ab ; измеренное расстояние ядра от этой вершины будет, очевидно, cm . Зная угол, который составляет линия зрения ab с осью параболоида ac , можно определить действительную величину радиуса cb и аномалию его acb ; а по этим величинам — и расстояние cg ядра от истинной вершины оболочки. Действительно, по свойству параболы угол $a = b$ и угол при $c = 180^\circ - (a + b) = 180^\circ - 2a$. Так как $n = \sin a$, то $bc = \frac{d \Delta}{n}$. Отсюда по формуле $gc = cb \cdot \cos^2 \left(\frac{acb}{2} \right)$ определим искомую длину cg , т. е. вершинный радиус туманной оболочки. Если ядро помещается не в фокусе параболоида, но далее от вершины, так что на стороне к Солнцу туманность окружает его сферически, то тогда $bc = cg = cm$ и измеренное расстояние ядра от вершины оболочки есть радиус последней. Его нужно только помножить на Δ , чтобы привести к расстоянию от Земли, равному единице (фиг. 12).

Редуцируя наблюдения кометы Донати в обоих предположениях, получим для вершинного радиуса оболочки:

		I гип.	II гип.			I гип.	II гип.
Сентября	2 . .	72"	146"	Октября	5 . .	17"	18"
»	4 . .	62	121	»	7 . .	19	21
»	12 . .	93	133	»	8 . .	18	20
»	24 . .	29	30	»	9 . .	19	21
»	29 . .	19	20	»	13 . .	18	19
»	30 . .	18	19				

Вторая гипотеза кажется вероятнее первой, во-первых, потому, что на пулковском рисунке кометы



Фиг. 12.

12 сентября ядро представляется очень отодвинутым от видимой вершины оболочки¹; во-вторых, она более

¹ P u l k o w a e r, Beobachtungen, Tab. V, fig. 1.

соглашается с формой туманности других комет при незначительной степени развития хвоста. Так, туманность кометы Галлея до появления истечения окружала голову в виде сферы, как мы имели уже случай заметить. Тут, между прочим, видно, как самые наблюдения комет нельзя редуцировать без некоторых допущений.

Виннеке сделал несколько оценок наибольшего расстояния слабой оболочки от ядра на передней части головы. Эти оценки сделаны были от 16 сентября по 9 октября. Но 17 и 18 сентября Луна находилась над горизонтом, а 25, 27 и 30 сентября уже очень мешала, так что об этом расстоянии можно приблизительно судить из оценок в октябре. Приведенные к расстоянию, равному единице, они суть¹:

Октября	5	3'.2	Октября	8	5'.5
»	7	4.6	»	9	5.2

Отсюда видно, что средним числом это расстояние было приблизительно около 5 минут. Само собою разумеется, что при этой, столь слабой, оболочке было бы слишком смелым делать заключения о постоянстве или изменемости ее величины. Приведение по предыдущему способу тут также невозможно употребить.

Наблюдения кометы Донати показывают также замечательное уменьшение ее центральной массы ядра. Длинный ряд наблюдений ядра произведен Виннеке.

¹ W i n n e k e, l. c., p. 48.

Приведенные к расстоянию, равному единице, измерения диаметра ядра суть (в секундах и милях):

Сентября 4	10".13	1 000 мил	Сентября 24	1".85	185 мил
» 11	9.97	997 »	» 29	1.98	198 »
» 12	9.49	950 »	» 30	1.44	144 »
» 13	5.38	540 »	Октября 7	1.46	146 »
» 16	4.05	405 »	» 8	1.89	189 »
» 18	1.80	180 »	» 9	1.62	162 »
» 19	2.78	278 »	» 13	1.78	178 »
» 22	2.22	222 »			

Быстрое уменьшение ядра от 13 до 18 сентября, кажется, ясно указывается наблюдениями, и замечательно то, что такое быстрое уменьшение совпадает по времени с началом истечения. Кроме этого ряда измерений мы имеем еще измерения Медлера, произведенные рефрактором, при увеличении в 600 раз, между тем как Виннеке употреблял увеличение в 237. Измерения Медлера приводим прямо в милях¹:

Сентября 17 . .	395 мил	Сентября 29 . .	118 мил
» 18 . .	406 »	Октября 7 . .	117 »
» 19 . .	375 »	» 8 . .	89 »
» 21 . .	350 »	» 9 . .	80 »
» 25 . .	249 »		

Числа эти показывают также уменьшение ядра, и замечательно, что тут уменьшение продолжается постоянно до 9 октября. Это, конечно, нужно приписать большому увеличению, при котором ядро можно было лучше отделять от окружающей его светлой массы истечения.

¹ «Astronomische Nachrichten» № 1166.



Перейдем теперь к определению положения истечения. Такое определение в первый раз сделано было Бесселем для кометы Галлея (1835 г.). Углы положения светлого конуса, одновременные углы положения Солнца и разности этих углов представляются для среднего времени Кенигсберга следующей таблице¹:

	$h - m$	p	p°	$p - p^\circ$
Октября 2 . .	12 42	87°50'	95°42'	— 7°52'
» 8 . .	11 53	135 20	116 11	+19 9
» 12 . .	6 5	208 6	189 14	+18 52
» 12 . .	10 34	222 20	192 53	+29 27
» 12 . .	12 40	233 58	194 33	+39 26
» 12 . .	14 24	250 23	195 52	+54 31
» 13 . .	7 0	280 0	207 9	+72 51
» 14 . .	7 14	222 25	219 51	+ 2 34
» 15 . .	6 45	176 55	229 3	—52 8
» 22 . .	6 3	270 20	253 36	+16 44
» 25 . .	6 7	252 0	256 18	— 4 18

Допуская, как самое вероятное и наиболее согласное с наблюдениями предположение, что светлый конус находился в плоскости орбиты, при помощи вышеизложенных формул Бессель определяет угол оси конуса с радиусом-вектором и получает для него:

¹ Bessel, «Connaissance des temps» 1840, p. 84.

		$u - u^\circ$			$u - u^\circ$
Октября	2 . .	-12° 2	Октября	13 . .	+75° 2
»	8 . .	+23 . 8	»	14 . .	+ 2 . 6
»	12 . .	+18 . 3	»	15 . .	-45 . 3
»	12 . .	+28 . 6	»	22 . .	+49 . 1
»	12 . .	+38 . 4	»	25 . .	-17 . 2
»	12 . .	+51 . 7			

Разности между величинами $u - u^\circ$ Бессель объясняет колебанием истечения наподобие маятника и выводит продолжительность колебания равную 4.6 дня, а их амплитуду равную 60° . Считая время от октября 14.2825 среднего времени Парижа, величину u он представляет формулой:

$$u = u^\circ - 60^\circ \cdot \sin \left(t \cdot \frac{360^\circ}{4.6} \right).$$

Когда вычислим по этой формуле углы положения оси конуса и сравним их с наблюдениями, то получим следующие разности вычисления — наблюдения:

Октября	2 . .	- 9° 7	Октября	13 . .	-14° 8
»	8 . .	+22 . 5	»	14 . .	0 . 0
»	12 . .	- 0 . 6	»	15 . .	-14 . 5
»	12 . .	+ 3 . 2	»	22 . .	+ 4 . 8
»	12 . .	- 1 . 0	»	25 . .	- 3 . 4
»	12 . .	-11 . 7			

Разности эти он объясняет ошибками наблюдения; но признавая наблюдение 8 числа вполне хорошим и видя несогласие его с вычислением, склоняется, как видно, к допущению непостоянства времени колебания¹. Бессель рассматривает еще колебание в том

¹ Bessel, «Connaissance des temps» 1840, p. 89.

предположении, что оно совершается около радиуса-вектора, как около оси, по конусу, но находит, что такая гипотеза даже и грубо не удовлетворяет наблюдениям¹. Таким образом он приходит к заключению, что периодическое колебание истечения в плоскости орбиты по обе стороны радиуса-вектора есть результат наблюдений.

Чтобы видеть, насколько несомненны такие выводы Бесселя, мы обратим внимание на точность его наблюдений и сравним их с наблюдениями других. При описании наблюдений 2, 13, 15 и 25, т. е. именно тех, которые показывают наибольшие отклонения истечения по ту и другую стороны радиуса-вектора, Бессель говорит следующее².

«2 числа сектор был так плохо очерчен, что угол положения точен только до 5° .

13 числа сектора, ограниченного с обеих сторон, вовсе не было видно; влево от центра была только светлая масса, плохо очерченная. Не было возможности делать какие-нибудь измерения, оставалось только грубо оценить ее положение.

15 числа угол положения нужно считать очень неточным.

25 числа светлого пучка совсем не было, оставались только следы его в виде слабых сгущений света по обеим сторонам центра. Угол положения представлял линию, перпендикулярную к этим сгущениям».

¹ Bessel, «Connaissance des temps», 1840, p. 92.

² Ibid., p. 80—82.

Если оставим плохие наблюдения 13, 15 и 25 в стороне и удержим только те, в которых сколько-нибудь ясно было видно то, что было измеряемо, то из них почти невозможно даже вывести, что пучок переходил по другую сторону радиуса-вектора, особенно если заметим, что значительная неверность угла положения 2 октября удвоилась почти в угле пучка с радиусом-вектором. Этого мало: из наблюдений В. Струве, Амичи и Швабе явствует, что в истечении часто раздельно было заметно два пучка (а иногда и более), которые менялись по временам напряженностью света. Так, 9 октября Струве ясно видел два отдельных совершенно пламени. Угол положения одного из них был 178° , а другого 46° и второе было светлее первого¹. Первое, как видно по углу положения, соответствует пучку Бесселя. 10 октября второго не видно, оно исчезло.

12 октября опять два пламени, и второе очень слабое; угол положения светлого для $10\ h\ 34\ m$, среднего времени Кенигсберга равен 240° , а у Бесселя — 222° . Бессель² рисует его тонким прямым конусом, а у Струве оно имеет очень изогнутую форму³. 14 октября по наблюдению Струве согласно с наблюдением Бесселя⁴ пламя одно и угол положения его 218° . Затем у Струве нет наблюдений до 29 октября, когда пламя состояло

¹ W. Struve, Beobacht. des Hall. Kom., p. 42.

² Bessel, Populäre Vorlesungen., p. 121.

³ Struve, l. c., fig. VI.

⁴ Ibid, p. 48.

из трех частей: внутреннего, округленного и двух боковых, тонких, длинных и загибающихся в хвост¹. Наконец, еще одно из немногих, к сожалению, измерений Струве относится к 8 октября. Угол положения пламени для $7\ h\ 26\ m$ ср. вр. Кенигсберга есть 104° , а для $11\ h\ 25\ m$ — 117° ; последнее по времени очень близко подходит к измерению Бесселя, но разнится от него на 18° . Хотя Струве и видит изменение положения пламени, но прибавляет, что при втором измерении постоянно подымающаяся Луна ослабляла блеск тумана². Итак, даже лучшие наблюдения мы должны считать сопряженными с большими погрешностями, когда между двумя наблюдениями замечаются такие большие разности. Прибавим еще, что 13 октября Амичи³ во Флоренции видел ясно пять пучков; Швабе 22 октября видел два пучка. Вообще по рисункам Швабе⁴ видно, что с половины октября истечение развилось настолько, что представляло вид веера, распростертого иногда гораздо более, чем на 180° , например, октября 23, внутри которого замечалось по несколько довольно резких лучей. Понятно, как трудны и неверны должны были становиться с этого времени определения положения истечения. Все сказанное приводит нас к заключению, что наблюдатели различных мест, смотря по атмосферическим и другим

¹ W. Struve, fig. X.

² Ibid., p. 41.

³ Arago, Astron. v. II, p. 395—396.

⁴ Ibid, fig. 206—210.

внешним условиям (влиянию Луны, высоте кометы над горизонтом), видели только большую или меньшую часть всего явления истечения (Струве и Бессель — 12 октября; Бессель и Амичи — 13 октября), так при том, что для одного наблюдателя явление исчезало, а другой ясно видел его. Принимая это, нельзя не допустить, что одному и тому же наблюдателю в различные времена, даже в течение одной ночи, явление может представляться очень неодинаковым, как по форме, так и по положению.

Результат, который вытекает из всего изложенного выше, тот, что периодические колебания истечения кометы Галлея около радиуса-вектора, подобно маятнику, не доказаны наблюдениями Бесселя. С некоторой вероятностью можно только вывести из этих наблюдений, что положение истечения относительно радиуса-вектора кажется непостоянно. Может быть, такое непостоянство происходит от того, что материя изливается не из одних и тех же точек поверхности ядра и не в одинаковом количестве; может быть, ядро притом имеет некоторое вращение около оси; может быть, даже оно колеблется около центра; но все это несколько не доказано¹.

¹ Критический разбор исследования Бесселя относительно колебания истечения в комете Галлея и исследования Паше для кометы Донати [1858 г. (V)] интересен как путь, которым шел Бредихин в искании истины. Впоследствии на основании результатов, полученных из большего материала, у него

К таким же результатам приводят наблюдения над истечением кометы 1858 г. (V)¹. Для доказательства приведем измерения углов положения истечения, совершенные приблизительно в одно время, в Альтоне (А), Дерпте (Д) и Пулкове (П). Последние сделаны О. Струве и Виннеке.

	А	Д	П	
			С	В
Сентября 20	148°	145°	—	—
» 21	134	146	—	—
» 22	180	145	—	—
» 24	—	158	148°.0	—
» 28	195	166	—	—
» 29	162	167	200 0	—
» 30	192	167	198 0	199°.3
Октября 5	—	—	209.0	—
» 6	236	213	—	—
» 7	226	206	198.0	233.7
» 8	229	227	—	225.1
» 9	254	238	285.0	23.51
» 12	239	236	—	—

Измерения в Альтоне сделаны были сравнительно меньшей трубой. Но и между измерениями Д и П встречаются разности до 30° и более, так что причину разности нельзя признать только различную оптиче-

пропали сомнения в реальности изменения направления истечений, а также колебаний самого ядра, и он сам пользовался этими явлениями для объяснения некоторых загадочных особенностей в хвостах комет. *Прим. ред.*

¹ Pulkowaer Beobachtungen; «Astronomische Nachrichten», № 1172.

скую силу труб, но нужно принять в расчет трудность измерений истечения, которое обнимало 180° , было не равномерно светло и имело отчасти неправильную фигуру, как видно из описаний наблюдений.

Папе приписывает своим наблюдениям только второстепенное значение ¹, и для исследования истечения делает редукции только наблюдений Медлера, которые, действительно, заслуживают преимущества перед другими, потому что обнимают наибольший промежуток времени. Приведения эти, по известным формулам, дают для угла середины истечения с радиусом-вектором в плоскости орбиты (выше мы привели те наблюдения Медлера, которые имеют соответственные в других местах):

		$u^\circ - u'$			$u^\circ - u' *$
Сентября	17 . . .	-58°	Сентября	29 . . .	+57°
»	19 . . .	+47	»	30 . . .	+58
»	20 . . .	+55	Октября	6 . . .	+16
»	21 . . .	+57	»	7 . . .	+20
»	22 . . .	+59	»	8 . . .	+12
»	24 . . .	+53	»	9 . . .	+6
»	25 . . .	+44	»	12 . . .	+23
»	26 . . .	+35	»	13 . . .	+26
»	27 . . .	+45	»	14 . . .	+30
»	28 . . .	+53			

Наблюдение 17 сентября настолько уклоняется от всех прочих, что это можно объяснить только тем,

¹ «Astronomische Nachrichten», № 1172.

* Относительно счета углов $u^\circ - u'$ и в дальнейшей таблице $p^\circ - p'$ см. примечания к стр. 82. *Прим. ред.*

что тут истечение только что началось и было направлено очень косвенно к линии зрения, что обуславливает большие погрешности в угле положения. Эти погрешности увеличились в восемь раз в угле $u^\circ - u'$. Таким образом этого наблюдения можно и не брать в расчет. Из остальных, обращая внимание также на большие погрешности, можно вывести только, что в начале октября истечение потерпело какую-то пертурбацию. И действительно, около этого времени, как мы видели при описании истечения, правильность оболочек стала заметно нарушаться, вероятно вследствие энергических отделений материи от ядра, условленных прохождением через перихелий. Тут являются разрывы в оболочках, более густые скопления вещества, появляются светлые лучи из ядра, пронизывающие оболочки. Но вывести отсюда периодические колебания истечения также трудно, если еще не труднее, чем в комете Галлея. Таким образом вопрос этот нужно считать нерешенным.

Последуем теперь за истечением, когда оно обогнуло голову кометы и составило начало хвоста. Самый длинный ряд определений направления начала хвоста сделан в комете Донати, на которой мы теперь и остановимся. Самые тщательные наблюдения принадлежат Виннеке, Папе и Медлеру ¹.

¹ Winnecke, l. c.; Pape, «Astronomische Nachrichten», № 1172; Mädler, Beobachtungen der Sternwarts, Dorpat., Bd. 15, I Abtheilung.

Ср. вр. Берлина	p'	p°	$p^\circ - p'$	Место наблюдения
Сентября 17.28 . . .	354°42'	356°14'	+1°32'	Дерпт
» 17.29 . . .	355 42	356 14	0 32	Пулково
» 18.29 . . .	356 18	356 57	0 39	П
» 19.25 . . .	353 2	357 42	4 40	Д
» 19.27 . . .	356 40	357 43	1 3	П
» 21.31 . . .	359 32	359 45	0 17	Д
» 23.35 . . .	1 44	2 30	0 46	—
» 24.32 . . .	0 38	4 4	+3 26	—
» 24.41 . . .	4 33	4 15	-0 19	П
» 25.24 . . .	4 2	5 45	+1 43	Д
» 25.29 . . .	4 28	5 51	1 23	П
» 26.25 . . .	5 31	7 49	2 18	Д
» 27.36 . . .	8 40	10 25	1 45	П
» 28.28 . . .	10 17	12 52	2 35	Альтона
» 29.25 . . .	14 28	15 43	1 15	П
» 29.29 . . .	11 40	15 50	4 10	Д
» 30.23 . . .	18 34	18 53	0 19	—
» 30.25 . . .	17 27	18 56	1 29	П
» 30.30 . . .	16 0	19 8	3 8	А
Октября 1.36 . . .	18 45	23 4	4 19	А
» 2.30 . . .	20 15	26 54	6 39	—
» 4.27 . . .	31 12	36 22	5 10	—
» 5.25 . . .	38 18	41 43	3 25	П
» 5.27 . . .	36 39	41 49	5 10	А
» 6.29 . . .	42 24	47 6	5 22	—
» 6.30 . . .	38 54	47 51	8 57	Д
» 7.23 . . .	49 29	53 30	4 1	—
» 7.24 . . .	48 7	53 30	5 23	П
» 7.28 . . .	44 15	53 48	9 33	А
» 8.23 . . .	54 57	59 37	4 40	П
» 8.27 . . .	52 36	59 55	+7 19	А
» 9.21 . . .	56 8	65 36	9 28	Д
» 9.24 . . .	59 10	65 49	6 39	П
» 9.27 . . .	59 9	65 59	6 50	А
» 10.27 . . .	63 45	71 46	8 1	—
» 12.23 . . .	74 15	81 43	7 28	Д
» 12.27 . . .	74 0	81 53	7 53	А
» 13.22 . . .	82 8	85 59	3 51	П
» 13.23 . . .	75 40	86 1	10 21	Д
» 14.22 . . .	77 15	89 36	+12 21	Д

Виннеке под начальным направлением хвоста разумеет направление срединной линии фигуры хвоста близ головы. Медлер и Папе определяют это направление темной полосой в хвосте. В комете Донати ветви хвоста были расположены почти симметрично по обе стороны этой полосы; однакоже полоса эта составляла постоянно некоторый угол с срединной линией хвоста; так, 29 сентября Виннеке оценил этот угол в 5° , 30 сентября— в $2^\circ,3$.

В следующей таблице даны углы положения начального направления хвоста по наблюдениям сказанных троих наблюдателей. Наблюдения других астрономов отрывочны и не составляют ни одного сколько-нибудь цельного ряда, а потому мы и оставим их в стороне. Под буквой p° мы даем углы положения продолженного радиуса-вектора, и $p^\circ - p'$ представляет видимое отклонение начального направления хвоста от радиуса-вектора (табл. на стр. 116).

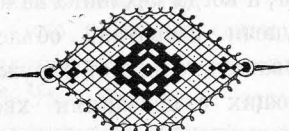
Наблюдения указывают постоянное возрастание угла оси хвоста с радиусом-вектором; но тут влияет изменение положения Земли относительно кометы. Для определения действительного угла между этими линиями нужно сделать приведение к плоскости орбиты помощью известных нам формул, по которым $p^\circ - p'$ обращается в $u^\circ - u'$ (см. первую табл. на стр. 118).

Разделяя эти величины на группы, по возможности симметричные относительно перихелия, который был 30 сентября, получим из предыдущих рядов соответственно (см. вторую табл. на стр. 118).

Пулково		Дерпт		Альтона	
	$u^\circ - u'$		$u^\circ - u'$		$u^\circ - u'$
Сентября 17	+3°15'	Сентября 17	+8°37'	Сентября 28	+6°15'
» 17	2 50	» 19	19 37	» 30	6 24
» 18	3 12	» 21	0 47	Октября 1	7 48
» 19	+5 50	» 23	2 41	» 2	11 5
» 24	-0 58	» 24	11 44	» 4	6 51
» 25	+4 33	» 25	5 35	» 5	6 13
» 27	4 38	» 26	6 53	» 6	5 56
» 29	2 45	» 29	0 23	» 7	9 47
» 30	2 6	» 30	9 38	» 8	6 57
Октября 5	3 53	Октября 6	9 56	» 9	6 14
» 7	5 26	» 7	4 2	» 10	7 10
» 8	4 35	» 9	8 44	» 12	+7 11
» 9	5 9	» 12	6 47		
» 13	3 44	» 13	9 42		
		» 14	+11 50		

	$u^\circ - u'$
Сентября 17—19	+3°8'
» 24—30	+2 6
Октября 5—13	+4 6
Сентября 17—21	+9°7'
» 23—25	+6 7
» 26—30	+5 6
Октября 6—9	+7 6
» 12—14	+9 4
Сентября 28—Октября 2	+7°9'
Октября 4—7	+7 2
» 8—12	+6 9

Вообще нужно заметить, что тут наблюдения гораздо точнее, чем над истечением. Дерптские наблюдения как будто указывают на некоторое правильное изменение положения оси, но вероятная их погрешность доходит до 3°. Хотя вероятная погрешность пулковских наблюдений есть только 0°.9, но и изменение в них менее заметно; наконец, альтонские наблюдения не показывают изменения; вероятная погрешность их также невелика, всего около 1°. Таким образом нужно заключить, что угол $u^\circ - u'$ был постоянен или приблизительно постоянен. Величины его из трех рядов суть соответственно: 3°.7; 7°.8; 7°.3. Последние относятся к темной полосе и почти одинаковы; первое — к срединной линии.



Это последнее замечание основывалось, конечно, на том, известном, как мы видели выше, в древности факте, что у кометы, которая стоит к востоку от Солнца, хвост относительно ядра направлен также к востоку, и если комета является на западе от Солнца, то хвост обращен к западу.

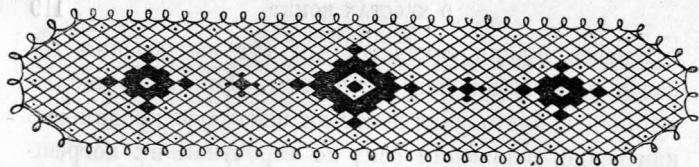
Сенека думает, что хвосты комет суть лучи самого тела, свет, который извергают кометы вследствие какой-то натуральной силы¹. Излишне было бы упоминать о тех мнениях древних, по которым хвосты комет образуются из паров, окружающих Землю, что они суть явления отражения света в хрустальных небесах и т. п.

Точно так же можно пройти молчанием мнения средневековых и некоторых писателей XVI столетия, в которых находим повторения учения древних, часто даже затемненные объяснениями и распространениями.

В XVI и начале XVII столетия оптическое объяснение хвостов было господствующим, как видно из цитат различных писателей, приводимых Гевелем в его *Кометографии*². Это объяснение заимствовано было из опыта над преломлением солнечных лучей в стеклянном шаре. Лучи, преломившись в выпуклом стекле, собираются в его фокусе и идут отсюда далее расходящимся пучком, который становится видим через отражение от пылинок, носящихся в воздухе и, может быть, как думает Араго, отчасти от частиц самого воздуха. В этом объяснении голова кометы,

¹ Nat. Quaest., VII, 26.

² Hevel, l. c., p. 469, 599.



II

§ 7

В древности, когда не были известны пути комет, не было астрономических наблюдений над хвостами, и когда механика находилась на низкой ступени развития, объяснения хвостов могли заимствоваться только от окружающих явлений на Земле, имеющих с явлениями хвостов какое-нибудь, иногда весьма отдаленное, наружное сходство.

Так, Аристотель и почти все перипатетики, считавшие кометы явлениями атмосферными, допускали, что хвост кометы есть пламя, горящее в материи, более редкой, чем материя головы; что пламя это направляется ветром в известную сторону, или уносится вверх по причине легкости, или, наконец, Солнцем гонится в противоположную ему сторону¹.

¹ Hevel, *Cometographia*, p. 469, 599.

которую считали темною и полупрозрачною, уподоблялась стеклянному шару. Относительно того, каким образом солнечные лучи становятся видимыми после прохождения через голову кометы, некоторые писатели, придерживающиеся сказанного воззрения, высказывают определенно — преимущественно со времен Тихо-Браге, впервые доказавшего большое удаление комет от Земли, — что видимость эта устанавливается отражением лучей в небесном воздухе или эфире, мысль о существовании которого ведет свое начало из Ионийской школы. Сходство с упомянутым оптическим явлением подтверждалось, повидимому, исследованиями Апиана, который старался доказать, как мы говорили уже, что хвосты прямо противоположны Солнцу. Оптическое объяснение принимали с небольшими различиями в подробностях следующие ученые XVI и XVII столетий: Апиан, Кардан, Скалигер, Тихо-Браге, Файенс, Габрехт, Бьянькани, Путтен, Фромонд, Цизат, Кеплер вначале и др. Галилей также одобрял его. Цизат, между прочим, первый исследовавший кометы при помощи телескопа, нашел, что голова кометы 1618 г. состояла из различных тел, изменявших место и величину (пучки истечения?), и допускает, что хвост образуется из солнечных лучей, претерпевших в голове кометы не только преломление, но и отражение от этих тел. Для объяснения видимости этих лучей он допускает, что эфир около кометы плотнее остального¹.

¹ Cysati, De loco motu etc. cometae 1618, p. 78.

Отклонение хвостов от направления, прямо противоположного Солнцу, замеченное в половине XVI столетия и подтвержденное последующими наблюдениями, представляло уже большие трудности оптическому объяснению. Наконец, искривление хвоста, замеченное уже давно, но исследованное подробно Тихо-Браге, еще более затруднило эту теорию. Приверженцы оптического объяснения старались доказать, что хвост, собственно, прям и только кажется изогнутым от абберации зрения, или от параллакса. Так объяснял это Тихо-Браге¹. Другие, между прочим Галилей, Цизат, Гассенди, приписывают искривление преломлению лучей в атмосфере².

Искривление хвостов заставило даже Кеплера отречься от принятого им вначале оптического объяснения и принять другое. Он допускает, что хвост состоит из материи самой кометы, отторгнутой солнечными лучами. Вот его мнение об этом, приводимое Риччиоли³. «Солнечные лучи, — говорит Кеплер, — не могут искривляться в свободном эфирном воздухе, ибо из оптики знаем, что лучи света суть прямые линии, а не дуги... В кометных хвостах находится материя, изгнанная солнечными лучами из тела кометы... Я думаю, что за прямыми лучами Солнца, падающими на прозрачный шар кометы и проникающими его, следует нечто из самой материи кометы и выходит по

¹ Brahe, De stella coudata, 1577, cap. VII.

² Hevel, l. c., p. 496; Cysati, l. c.

³ Riccioli, Almagestum Novum, Bd. II, lib. VIII, p. 124.

тому пути, куда стремятся солнечные лучи». Присутствие этой материи обуславливает, по его мнению, видимость прошедших через комету лучей¹. Это мнение приняли: Снеллий, Кругер, Лонгомонтан, Глориоз и другие². Так, Лонгомонтан говорит, что в образовании хвостов участвуют, с одной стороны, солнечные лучи, а с другой стороны — та материя, которая окружает тело кометы или из которой состоит комета. В этой материи сильно действуют солнечные лучи, которые прикасаются к поверхности кометы и производят трение. При этом легчайшие частицы похищаются солнечными лучами и повергаются в пространство вне кометы, в сторону, противоположную Солнцу.

Риччиоли и Гримальди в своем Альмагесте³ предлагают два мнения для объяснения хвостов:

1. Хвост принадлежит к субстанции кометы и светит собственным светом, распространенным от головы к прочим частям. Передняя часть головы обращена к Солнцу подобно тому, как один конец магнита обращен постоянно к одному полюсу. Притом комета вращается около центра головы так, что голова направлена к Солнцу, а хвост отвращен от него и для различных родов комет имеет различные фигуры.

2. Второе мнение состоит в том, что хвост образован

¹ Kepler, De cometis, p. 100—101.

² Hevel, l. c., p. 471.

³ Riccioli, l. c., cap. VIII, pars II.

из тончайших частиц, которые имеют различную степень плотности и непрозрачности, смотря по расстояниям от головы, и носятся около последней в воздухе или эфире. Эти частички по причине большого расстояния от Солнца, тонкости и редкости своей не могут быть видимы при помощи отраженных лучей, если эти лучи не будут соединены преломлением. Проходя через голову кометы, состоящую из разнообразных тел, они собираются преломлением и отражением больше, чем если бы не проходили через голову и доходили до нас непреломленными.

Впрочем, Риччиоли и Гримальди не отвергают, как кажется, отталкивательного действия солнечных лучей на легчайшие частицы. Так, разбирая мнение Кеплера, они прибавляют¹:

«Солнечные лучи не суть тела, которые с сильным стремлением падают на голову кометы, ибо такое движение почувствовали бы и наши головы, выставленные на Солнце. Этому должно предшествовать действие нагревания, иссушения и таким образом утончения частиц головы, наиболее к тому способных; и когда они сделаются таким образом легче и реже, тогда уже уносятся вверх». Такое дополнение гипотезы Кеплера принимает и Грегори².

Гевель считает необходимым для видимости лучей, прошедших через голову кометы, существование около кометы или за нею какой-нибудь материи, потому

¹ Riccioli, l. c., p. 124.

² Arago, l. c., p. 413.

что в чистом эфире свет невидим. Голова кометы, по его мнению, состоит из тончайших испарений планет. Часть этих испарений сгущается в шарики и угловатые тела, а часть остается несгущенной и образует около кометы атмосферу, большая часть которой скопляется на стороне, противоположной Солнцу, оттого, что Солнце на стороне, прямо обращенной к нему, и на боковых сторонах кометы разрезает эти тонкие испарения, делает еще тоньше, рассеивает их и своею теплотою и силою своих лучей гонит в сторону противоположную. Солнечные лучи, преломленные и отраженные в теле кометы, переходят в ее атмосферу, сходятся и собираются как бы в пучок и становятся доступными зрению в виде хвоста. Подтверждение такого отталкивающего действия солнечных лучей он видит в том, что около пятен на Солнце, в стороне от центра собирается тонкая материя в виде тени (?)¹. Отклонение и искривление хвоста он объясняет тем, что атмосфера кометы редет по мере удаления от головы, и солнечные лучи, вступающие в нее из ядра, преломляются и искривляются². Вибрации и флуктуации по его мнению происходят от перемещения тел, составляющих ядро, а также от изменения в распределении плотности атмосферы при движении кометы³.

Роберт Гук первый заметил в кометах 1680 и 1682 гг.

¹ Hevel. I. c., p. 475 sqq.

² Ibid., p. 495.

³ Ibid., p. 511.

истечение материи из ядра к Солнцу и потом переходение ее в хвост и указал таким образом влияние ядра на движение частиц, образующих массу хвоста. Все явления, замеченные им в сказанных кометах, он находит сходными с явлениями горящего, обьятого пламенем и испаряющегося тела, помещенного в воздухе при поверхности Земли. Для сравнения этих явлений он произвел даже следующий опыт; сделал шар из горючих веществ, повесил его на проволоке и зажег на открытом воздухе. Явления при этом по его мнению так хорошо представляли в малом виде явления комет, что он приходит к таким заключениям: «Так как явления в опыте с шаром производятся огнем и тяготением окружающей среды (воздуха) к центру Земли, то, кажется, не будет нелепо заключить, что явления комет могут быть производимы твердым, горючим и воспламененным шаром и тяготением окружающей его эфира к Солнцу... Непрерывное восхождение газов, отделяющихся от головы, походит на род левитации, т. е. стремления газообразных частиц удалиться от Солнца: как будто бы лучи солнечного света уносили с собою эти воздушные или огненные пары»¹.

Гук делает обзор всех прежних гипотез образования хвоста и показывает, не останавливаясь на исчислении всех их, что они не согласны с наблюдениями, потому что по большей части все, писавшие о кометах,

¹ Hooke, Posthumous Works, p. 149—170.

объясняли хвост не материей, исходящей из головы, но известным собранием солнечных лучей, которые проникают в голову кометы и в ней преломляются. Но рассматривая, говорит Гук, что должно происходить таким образом от преломления и отражения, легко убедиться, что такое объяснение несколько несогласно с явлениями и не удовлетворяет строгому исследованию их¹.

Ньютон, которого «Начала» явились пять лет спустя после этих исследований Гука, рассматривает различные гипотезы своих предшественников и отвергает также оптическое объяснение. Затем он останавливается на Кеплере, от гипотезы которого переходит к воззрениям, очевидно, Гука, хотя он и не называет его, но понимает под словом другой (*alius*). Что это «*alius*» относится к Гуку, видно из того, что Ньютон приписывает ему мысль о левитации: это выражение мы встречаем именно у Гука. Способ, каким Ньютон трактует эти воззрения (Кеплера и Гука) в противоположность с предыдущими, делает вероятным, как справедливо замечает Папе², что в них нашел он основание своим идеям. Ньютон принимает, что окружающий голову кометы эфир составляет около Солнца атмосферу с увеличивающейся к нему плотностью. Преломленными и отраженными от ядра лучами эфир этот нагревается вокруг кометы, становится от этого легче и тяготеет к Солнцу менее, нежели остальной

¹ Hooke, Posthumous Works, p. 149—170.

² «Astronomische Nachrichten», № 1234.

эфир, соседний с ним. Вследствие этого он начинает двигаться в сторону от Солнца и уносит с собою легчайшие частички кометы, подобно тому как восходит в печной трубе разреженный воздух и уносит с собой дым. Рассматривая, далее, это постоянное отделение частиц кометы и движение их от Солнца, Ньютон предлагает правила определять скорость такого движения по отклонению хвоста и его искривлению¹. Хотя в гипотезу Ньютона вошли отчасти идеи Гука, но он оставил без внимания, по крайней мере, не развил в своей теории принятое Гуком на основании наблюдений отталкивательное действие ядра, вследствие которого частички идут сперва в направлении к Солнцу и потом уже, возвращаясь назад, переходят в хвост.

Гейнзиус, так ясно заметивший и описавший истечение частиц из ядра кометы 1744 г. к Солнцу и потом переход их в хвост, старался распространить теорию Ньютона и приложить ее к наблюдениям.

Видя из наблюдений, что движение частиц хвоста есть сложное, он заключает, что при восхождении материи действует не одно Солнце, но что есть еще, по крайней мере, одна сила, которую, вероятно, нужно искать в ядре, ибо около него начинается криволинейное движение частиц². Для объяснения этого двойного действия он принимает, что комета окружена атмосферой, которая состоит из небесного воздуха (эфира) и тем только отличается от него, что нижние

¹ Newton, Principia etc. Amstelod. 1714, p. 471, s. qq

² Heinsius, Beschreib. des Kom., 1744, p. 60.

слои ее наполнены парами¹, отделяющимися от твердого тела кометы с приближением к Солнцу². Плотность этой атмосферы увеличивается по мере приближения к ядру, вследствие тяготения этого последнего³. Небесный воздух составляет около Солнца атмосферу, точно так же более плотную с приближением к нему.

Тело кометы сильно нагревает ближайший к нему воздух на стороне, обращенной к Солнцу. Воздух этот расширяется, становится удельно легче и поднимается с находящимися в нем парами над поверхностью ядра⁴. Место этого воздуха занимает быстро другой вследствие упругости и т. д.

Таким образом происходит огромное движение, которое поднимает пары на значительную высоту над кометой. Нагретый таким образом воздух должен, кроме того, удаляться от Солнца, ибо он стал легче окружающего небесного воздуха. Таким образом происходит хвост. Хвост этот по причине движения ядра отстанет от радиуса-вектора и изогнется; он будет лежать в плоскости орбиты, потому что нет никакой причины, которая бы уклоняла его от этой плоскости в одну сторону, преимущественно перед другою⁵.

Эйлер для объяснения кометных хвостов возвращается к отталкивающему действию солнечных лучей

¹ Heinsius, Beschreib. des Kom., p. 82.

² Ibid., p. 59, 63.

³ Ibid., p. 58.

⁴ Ibid., p. 74.

⁵ Ibid., p. 85, seqq.

на тонкие частички кометы. Он следующим образом объясняет такое отталкивательное действие, несогласное, повидимому, с теорией света, как волнения эфира, которой он придерживается, считая, впрочем, что световые волнения совершаются так же, как звуковые. «Подобно тому как сильный звук возбуждает не только колебательное движение частиц воздуха, но производит также движение очень легких пылинок, носящихся в воздухе, точно так же, без сомнения, колебательное движение, причиняемое светом, производит подобное же действие. Хотя частички, которых колебания производят свет, не удаляются приметно от занимаемых ими мест, однако же есть некоторое, очень небольшое, пространство, на котором они передвигаются, и этого движения достаточно, чтобы поколебать немного легчайшие частицы, о которые они ударяются. Так как это потрясение повторяется постоянно, то частицы передвигаются, наконец, на заметное пространство. Конечно, это требует значительного времени»¹.

При таком, очень искусственном, объяснении действия света в явлениях хвостов Эйлер не обращает никакого внимания на истечения, хотя и упоминает о комете 1744 г., в которой эти истечения были так ясны.

В XVIII и начале XIX столетия одни писатели придерживаются идеи Ньютона, другие приписывают образование хвоста отталкивающему действию сол-

¹ «Histoire de l'Academie de Berlin», année 1746, p. 121, seqq.

нечных лучей, изменяя в подробностях такое объяснение. Но система Кеплера с дополнениями Риччиоли и Грегори, кажется, брала перевес, по крайней мере, в числе ее последователей можно упомянуть имена Пингре, Лапласа, Деламба и др.

По случаю кометы 1769 г. Найт и Оливер предложили даже объяснение кометных хвостов отталкивательным действием солнечной атмосферы на атмосферу комет, которая смешивается с первой или только приближается к ней¹.

§ 8

Наблюдения над большой кометой 1811 г. привели Ольберса к подтверждению и распространению многих замечаний Гука и Гейнзиуса, хотя и вызвали несколько иное объяснение.

Так, он принимает, что ядро кометы с облегающей его атмосферой заключалось в полом, параболическом коноиде паров², и заключает отсюда, что пары, развиваемые кометой и ее атмосферой, отталкиваются как ядром, так и Солнцем, прибавляя, что эти отталкивательные силы действуют, вероятно, обратно пропорционально квадратам расстояний.

На основании собственных наблюдений и наблюдений прежних комет он разделяет кометы на три рода:

¹ A r a g o, «Astron. Popul.», t. II, p. 414.

² O l b e r s, «Monatliche Correspondenz», Bd. XXV, Januar, p. 6.

1) кометы, не развивающие материи, на которую действует отталкивательная сила Солнца, — бесхвостые кометы, без твердого ядра; 2) кометы с одной отталкивательной силой Солнца, у которых на стороне к Солнцу не было замечено хвостовой материи; 3) кометы, в которых действуют отталкивательные силы Солнца и ядра, — все те, у которых посреди хвоста замечена широкая темная полоса, каковы кометы 1655, 1680, 1682, 1744, 1769, 1811 гг.

Двойные и кратные хвосты объясняет он разнородностью веществ, на которые комета и Солнце действуют специфически. Говоря об отталкивании, он этим словом означает только явление, состоящее в том, что хвостовая материя стремится удалиться как от кометы, так и от Солнца, и прибавляет, что он далек от того, чтобы допустить в мироздании действительное существование отталкивательных сил, и что в сущности такое отталкивание может производиться притягательными силами¹. Он не соглашается с мнениями Ньютона и Эйлера, которые в его время разделялись большею частью физиков и астрономов. Относительно последнего он замечает, что оно не может объяснить скопления материи на стороне к Солнцу; о первом же говорит только, что оно имеет многое против себя. «Короче, — заключает он, — я совершенно не знаю, откуда являются отталкивательные силы; отчего материя стремится удалиться как от кометы, так и от

¹ O l b e r s, «Monatliche Correspondenz», Bd. XXV, Januar, p. 7—14.

Солнца: довольно того, что наблюдения указывают такое стремление. Трудно, впрочем, удержаться, чтобы не думать при этом о чем-то сходном с электрическим притяжением и отталкиванием»¹.

Сомнение в том, каким образом при таком отталкивании Солнца кометы повинуются законам Кеплера, он старается устранить допущением, что масса всей материи хвоста имеет только незначительное отношение к массе кометы и, главное, что отталкивательная сила Солнца только тогда действует на эти частицы, когда они уже отделились от массы кометы, подверженной только притяжению. Он признает, как известно, существование эфира и, считая частицы хвоста дискретными, так как они не оказывают преломления, допускает вместе с Грином, что частицы эти не смешаны с эфиром (*nicht gemischt*), но только скоплены (*gemengt*), и сравнивает их с облаками в атмосфере — относительно действия на свет².

Принимая непрерывную потерю материи, истекающей из кометы иногда с огромною скоростью, он говорит, что вопрос о том, вознаграждается ли эта потеря на отдаленных от Солнца частях пути, где не действует Солнце, останется загадкою навсегда. «Но, — прибавляет, — кажется, это происходит, по крайней мере в комете 1759 г. (Галлея) незаметно убыли»³.

¹ Olbers, «*Monatliche Correspondenz*», Bd. XXV, p. 14.

² Ibid, p. 16.

³ Ibid., p. 20.

Шретер, в сочинении своем о комете 1807 г., вышедшем в 1811 г., объясняет быстрые укорочения и удлинения хвоста, которые по его наблюдениям происходили со скоростью до миллиона миль в секунду, — силой, сходной с электричеством и гальванизмом. Он подтверждает также мнение об отталкивательной силе комет¹.

Хотя Ньютон показал приблизительное определение скорости удаления частиц кометного хвоста от Солнца, но, собственно, приложение анализа к определению вида кривой хвоста, исследованию закона действия силы и ее величины, вообще к более точному сравнению гипотез с наблюдениями сделано впервые Брандесом². В исследованиях своих он выходит из предположения, что материя, образующая хвост, отталкивается как Солнцем, так и кометой и сначала отыскивает кривую, для которой нормальная сила отталкивания кометы уравнивается нормальной же силой отталкивания Солнца. Эта кривая определяла бы приблизительно вид хвоста, если бы этот последний состоял из материи, которая вследствие сильного взаимного сцепления частиц была бы принуждена принять заметно быстрое движение в сторону от Солнца. Кривую эту он отыскивает сперва в предположении, что отталкивательные силы кометы и Солнца обратно пропорциональны квадратам расстояний; потом в ги-

¹ «*Monatliche Correspondenz*», Bd. XXV, p. 364.

² «*Beitrag zur Theorie der Kometenschweife von Brandes*», «*Monatliche Correspondenz*», Bd. XXVI, December;

потезе кубов расстояний. Затем переходит к вопросу о том, как будет двигаться изолированное тело, подчиненное отталкиванию кометы и Солнца, неподвижных в пространстве, и, заимствуя числовые данные из наблюдений кометы 1811 г., определяет постоянную величину силы для обоих законов. Сравнивая, наконец, определенную теоретически фигуру хвоста, в частях, близких к голове, с полученной из наблюдений, он приходит к заключению, что хотя нельзя точно решить, какой закон лучше, но фигура хвоста объясняется удовлетворительно отталкивательной силой. Конечно, этот первый опыт приложения анализа к явлениям хвостов мог привести только к грубо приближительным результатам, как признает сам Брандес, тем более, что он не обращал внимания на движение ядра в пространстве, которое имеет уже влияние на вид и положение хвоста в частях его, приметно удаленных от головы. Впоследствии (в 1826 г.) этот неутомимый исследователь кометных хвостов первый предложил геометрические приемы для вывода истинной фигуры хвостов и их положения в пространстве из наблюдений и приложил их ко многим кометам, наблюдения которых дошли до нас¹. С другой стороны, принимая отталкивательную силу, действующую по закону квадратов расстояний, он построениями старается

¹ «Unterhaltungen für Freunde der Astronomie» von Brandes; Heft II, «Astronomische Zeitschrift von Lindenaus». Т. I, р. 402, seqq.

определить фигуру оси хвоста уже не только для ближайших, но и для отдаленных от головы точек, а также положение этой оси относительно радиуса-вектора. Путь, которому он следует в этом случае, состоит в следующем: сперва он определяет, какой путь описывает в пространстве точка, двигавшаяся с кометой и потом оставившая ее вследствие отталкивания Солнца; потом исследует, в каком порядке располагаются в пространстве в данный момент точки, вышедшие одна за другой из кометы. Решение второго вопроса определяет фигуру хвоста, сравнение которой с наблюдаемой ведет к заключению, удовлетворительна или нет гипотеза относительно закона силы. При решении вопроса он пользуется законом равенства секторов в равные времена, который имеет место для действия силы, направленной как к центру (Солнцу), так и от него. В последнем случае точка опишет гиперболу, в отдаленном фокусе которой помещается Солнце. Определение этой гиперболы зависит от абсолютной величины отталкивательной силы. Если эту величину знаем или допустим гипотетически, то при помощи закона площадей можно вычислить положение точки в данное время, когда обозначим момент ее выхождения из ядра. Таким образом получится и положение ряда точек для данного времени, или кривая хвоста. Наоборот, по данному положению точки можно вычислить величину силы. Такие исследования Брандес приложил к фигуре и положению оси хвоста кометы 1811 г., выведенным из наблюдений, и пришел к заключению, что принятая

им гипотеза не вполне удовлетворительна и что наблюдаемый хвост сильнее отстает преимущественно близ головы от радиуса-вектора, чем хвост, вычисленный при принятой гипотезе. Он говорит, что должна быть еще сила, которая действует на частички хвоста в направлении, противоположном движению кометы¹. Он не утверждает, что гипотеза квадратов расстояний есть истинная, но допускает возможность существования других причин, способных произвести такое явление. Имея в виду доказанное Энке ускорение движения кометы и его объяснение, он указывает на сопротивление эфира как на причину, которая, как кажется, находит подтверждение в указанных отклонениях теорий хвоста от наблюдений².

Араго в своей «Популярной астрономии» упоминает о теории Прево³. Эта теория состоит в том, что комета окружена атмосферой, которой диаметр равен двойной длине хвоста. Атмосфера эта содержит в виде паров жидкости, например, воду; там, где температура понижается, образуются облака, отражающие свет. Хвост есть та полоса, в которой образовались облака в первоначальной атмосфере. За головой, по направлению линии, соединяющей Солнце с кометой, встречается наименьшее количество лучей, потому что голова кометы задерживает часть их, и т. д. Об этой гипотезе можно сказать только, что она отличается полнейшим пренебре-

¹ Ibid, p. 133—135.

² Ibid., p. 136, 137.

³ «Astron. popul.», t. II, p. 415.

жением к наблюдениям и к основным законам механики.

Фишер для объяснения отталкивания прибегает к следующему: «Можно, — говорит он, — по крайней мере, гипотетически, допустить, что есть вещества, которые притягиваются отрицательно; они отталкиваются Солнцем и всякой материей, тяготеющей положительно. Масса кометы состоит из обоих родов материи, имеющих между собою химическое сродство. Положительная материя образует шаровидное ядро, подчиненное законам Кеплера; отрицательная же составляет около ядра самосветящуюся атмосферу, которая отделилась бы от кометы, если бы не удерживалась сродством. Часть ее, будучи отталкиваема огромной массой Солнца, образует хвост»¹.

Лемани в 1823 г. высказал новые идеи относительно образования хвостов. Он видит в этих явлениях род прилива и отлива кометной атмосферы, обусловливаемых притяжением Солнца. Кометы с хвостами он считает неимеющими вращения, и для объяснения явления вводит следующие силы, действующие на атмосферу комет: 1) упругость, 2) тяготение к Солнцу и 3) тяготение к ядру.

Рассматривая слагающие этих сил по радиусу-вектору, он делает следующие выводы. Частицы на стороне, отвращенной от Солнца, по причине большого от-

¹ Fischer, Bode's Jahrbuch für 1823. Mai 1820.

него расстояния притягиваются слабее ядра. На далеком расстоянии от Солнца это различие незаметно, и упругость уравнивается притяжением к ядру. Но с приближением к Солнцу упругость берет перевес над притяжением частички к ядру и заставляет ее удалиться от ядра в сторону, противоположную Солнцу. Подобные же заключения можно сделать и для частиц атмосферы, обращенных к Солнцу, но тут хвост будет меньше потому, что на этой стороне комета имеет большую массу, что указывается отсутствием вращения. При этом центр тяжести лежит между геометрическим центром кометы и Солнцем, и Леманн берет его близ самой поверхности ¹.

Вальц, имея в виду замеченное у комет уменьшение диаметра туманности с приближением к Солнцу, прибегает к гипотезе эфира, составляющего около Солнца атмосферу наподобие земной. Комета, входя последовательно в более плотные слои эфира, сжимается и уменьшается в объеме. Он допускает при этом, как видно, что эфир не проникает кометной атмосферы. Он выводит даже формулу уменьшения объема кометы, которая довольно хорошо представляет явление ². Этим же эфиром он предлагает объяснить образование хвостов. С усилением теплоты от приближения к Солнцу

¹ L e h m a n n, Bode's Jahrbuch für 1826. Einige mechanische Untersuchungen über die Entstehung der Kometenschweife, 1826.

² «Essai sur la détermination des densités de l'Ether». «Astronomische Nachrichten», № 185.

в комете могут, по его мнению, развиться пары меньшей плотности, чем эфир, которые поэтому будут удаляться от Солнца. Пустоту хвостов внутри он приписывает большему охлаждению и сгущению паров на поверхности хвоста, чем внутри. Заметим еще, что хвосты необыкновенные он считает перспективным явлением, принимая их за обыкновенные, сильно отставшие от радиуса-вектора и очень искривленные.

Гельке принимает, что хвосты состоят из собранного в мировом пространстве светового вещества, которым наполнена вселенная независимо от эфира. Это вещество, по видимому, очень сходно с электричеством относительно притяжения и отталкивания. Солнце и, кажется, самое тело кометы, отталкивает это вещество ¹. Эта гипотеза напоминает мнение В. Гершеля о том, что кометы вдали от Солнца встречают рассеянную материю и увлекают ее с собою. Часть этой тонкой материи не выдерживает приближения к Солнцу, и теплотою или другою неизвестною силою Солнца отталкивается и принимает форму хвоста; другая часть соединяется с ядром ².

Явления кометы Галлея (1835 г.), поразительно сходные с явлениями кометы 1744 г., послужили для Бесселя материалом для математического исследования хвоста, более полного, чем исследования Брандеса. Бессель пришел также к допущению, что материя хво-

¹ Ueber die Entstehungsart der Kometen, 1835, p. 47.

² «Philosophical Transactions», 1812, on the comet of 1811.

ста отталкивается как Солнцем, так и ядром. Математическими исследованиями его, равно как и физическим объяснением силы, ниже мы займемся подробнее; здесь же мы заметим только, что эти отталкивания он приписывает полярной силе, развиваемой Солнцем в теле кометы, разумея под этим такую силу, которая не изменяет тяготения кометы к Солнцу и действие которой по одному направлению условливает равное действие по направлению, противоположному, — силу, вроде той, которая дает направление магнитной стрелке в покое и заставляет ее колебаться, когда покой бывает нарушен ¹. Действие этой силы он видит в колебаниях ядра, проявляющихся в колебании истечения; разделение кометы Биелы он приписывает этой же силе ².

Допущение полярной силы Бесселем в системе мира Якоби объясняет своими беседами с ним об электромагнетизме. По крайней мере, сам Якоби высказывает это в своей заметке, представленной в Парижскую академию наук ³.

Д. Гершель, разбирая наблюдения кометы Галлея (1835 г.), считает явления хвостов крайне несогласными с нашими обыкновенными понятиями тяготеющей материи. Он думает, что кроме отталкивания Солнца нужно ввести еще притяжение ядра. Масса кометы притягивается разностью притягательной и отталкива-

¹ Bessel, Populäre Vorlesungen, p. 134—135.

² Briefe von A. v. Humboldt an Varnhagen von Ense, p. 203.

³ «Comptes Rendus», 1860, t. L, № 21, 22.

тельной сил, и, пока последняя не в состоянии отделиться от кометы вещество хвоста, оно будет двигаться вместе с кометой как одно тело, постоянно удлиняющееся с приближением к Солнцу, на положение большой оси которого Солнце оказывает направляющее действие, подобно тому как электризованное тело действует на непроводник, концы которого имеют разные электричества. Входя в подробности явления, он говорит, что в перигелии Солнце испаряет часть кометной материи и при такой vaporизации происходит разделение электричеств: ядро получает одно, а материя хвоста другое, одинаковое с электричеством Солнца. После перихелия хвост подвергается спокойному процессу охлаждения.

Если часть отталкиваемой материи отделится, то такое отделение едва ли может произойти без отделения некоторой части материи тяготеющей, — вот по его мнению причина разделения кометы. Он считает возможным объяснить это явление также образованием прилива, в котором при некоторых условиях относительно силы притяжения центральной массы колебание жидкости может перейти пределы, указываемые ему анализом, так что непрерывность материи будет нарушена ¹. Эта гипотеза, в которой хвостворочается около ядра, как какой-то твердый прут, в которой ядру приписывается притягательная сила, способная удерживать

¹ Herschel, Results of observations at the Cape of good Hope, § 382, 387.

частицы хвоста, отстоящие от него на миллионы миль, в самых общих чертах не выдерживает, так сказать, приложения анализа.

Анализ Бесселя до 1858 г. не прилагался ни к одной из комет, являвшихся после 1835 г. Появление блестящей кометы 1858 г. (V) возбудило в сильной степени внимание астрономов. Эта комета была предметом тщательных наблюдений относительно образования хвоста. Полное приложение теории Бесселя к ее явлениям сделано было альтонским астрономом Папе и дополнения к исследованиям Папе — пулковским астрономом Виннеке. Эти по преимуществу научные исследования хвостов будут предметом нашего особенного рассмотрения. Здесь же мы упомянем еще о нескольких попытках, в различной степени заслуживающих внимания, объяснить явления кометных хвостов.

Едва ли стоит упоминать о тщетном стремлении Богуславских, отца и сына¹, воскресить забытую оптическую гипотезу. Заметим только, что они предлагают объяснить искривление и отклонение хвостов помощью абберации, происходящей от движения кометы на ее пути. Видимость лучей, образующих хвост, они приписывают отражению их от частиц эфира.

Мне кажется, можно пройти молчанием несколько афористически высказанных мнений о кометных хвостах, в которых авторы, не заботясь о согласии теории с наблюдениями, дополняют места, заимствованные

¹ Bogouslawski, Die Kometen, p. 69.

из прежних систем, собственными прибавлениями, несколько не облегчающими трудностей вопроса. Так, например, Дюбуа принимает, что кометы образованы из газообразного вещества, очень тонкого, неоднородного, имеющего чрезвычайно растянутую форму; плотность их уменьшается от ядра к концу хвоста. Центр тяжести всей массы помещается близ ядра и описывает эллипсис или параболу. Вследствие сопротивления эфира комета до перихелия идет вперед ядром, подобно стреле. Сумма притяжений, развитых в кометных частицах, образует притяжение, которого точка приложения по причине огромного растяжения кометы ближе к Солнцу, чем центр тяжести массы кометы. От этого происходит то, что комета колеблется около центра тяжести подобно маятнику, оставаясь обращенной к Солнцу постоянно одной стороной¹. В таком же роде гипотезы Кальо, Бодримона, Ган и др.²

Фай, допуская необходимость отталкивательной силы Солнца для образования хвоста, ищет ее в гипотезе Кеплера, которую изменяет, во-первых, тем, что вместо действия лучей света, которое, впрочем, сперва принял, приписывает отталкивательное действие на больших расстояниях теплоте солнечной поверхности³. Так как эта сила не действует на комету, то он заключает, что действие ее пропорционально тонкости частиц. Притом он принимает, что сила эта изменяется в обрат-

¹ «Cosmos», 1858, Livraison 19.

² Ibid., Livraison 19, 20, 21.

³ «Astronomische Nachrichten» № 1240.

ном отношении квадратов расстояний и распространяется со скоростью конечной, а не так, как тяготение. Темная полоса в хвосте указывает по его мнению на то, что сила не действует через экран. Далее, на основании распространения силы с конечной скоростью Фай показывает, подобно тому как Лаплас для импульса лучей света, что на точку в движении притяжение и отталкивание, исходящие из одного и того же центра, действуют по направлениям, несколько различным. От этого отталкивание может быть разложено по радиусу-вектору и по касательной. Этой второй составляющей, действующей подобно сопротивлению, он предлагает объяснить ускорение кометы Энке. Действие этой же составляющей влияет на отклонение хвоста, производимого первой составляющей. Истечения он объясняет как явления прилива, в которых участвует также повышение температуры. Если это истечение содержит частицы, более плотные, чем ядро, то может явиться хвост необыкновенный. Тонкой материи комет, которую холод пространства вдали от Солнца может обратить даже в твердое состояние, приближение к Солнцу возвращает частичное отталкивание и экзальтирует его более и более. Таким образом удаляются от ядра слои, более нагретые, плотность которых уменьшается от центра к окружности. Излагая свою гипотезу, Фай делает следующие возражения на теорию тяготеющей к Солнцу междупланетной среды: 1) чтобы эта среда оказывала отталкивание, нужно чтобы слои ее давили один на другой, а для этого она должна быть непо-

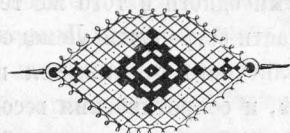
движна; но при такой неподвижности она упадет на Солнце; 2) она принимается прозрачною и невидимою, а это противоречит тому, что плотность ее часто больше плотности видимых частиц хвоста.

Что материя одарена отталкивательной силой такого рода, как допускает Фай, он заключает из всех физических фактов, находящихся в зависимости от теплоты: расширения тел, эластичности газов и пр. Сфероидальное состояние тел, приведенных в соприкосновение с раскаленною поверхностью, кажется ему проявлением этой силы на расстояниях, уже больших промежутка между частичками одного и того же тела. Секки поднял вопрос, отчасти затронутый Лемагом, о том, не достаточно ли солнечного притяжения и теплоты его, с одной стороны, и сопротивления весомой среды, наполняющей пространство внутри земной орбиты, с другой стороны, для объяснения явлений хвоста¹. Вопрос этот почти одновременно подвергнут Рошем аналитическому исследованию, с которым мы познакомимся ниже, здесь заметим только, что относительно объяснения хвостов сопротивлением среды Рош делает следующие замечания. Сопротивление действует обратно движению; следовательно, если комета приближается к Солнцу, то оно может оттеснять назад частички, выброшенные по направлению движения. Но в перихелии два хвоста, являющиеся от прилива, перпендикулярны к движению, и потому нет причины, чтобы

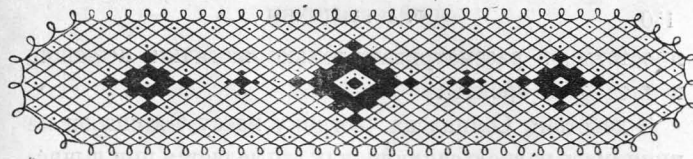
¹ «Cosmos», 1859, Livraison 5.

сопротивление мешало развиваться одному из них. После перихелия хвост оставался бы сзади кометы. Таким образом, заключает он, кажется, сопротивление не может объяснить отсутствие хвоста, направленного к Солнцу¹.

После исторического очерка теории образования хвостов приступим к аналитическим исследованиям этого явления в связи с теми из гипотез, которые удачнее других могут представить наблюдения. Начнем с исследований Бесселя.



¹ Теорию Роша (E. R o s h e, Recherches sur les atmosphères des comètes, «Annales de l'observatoire de Paris», t. V, 1859) Бредихин изложил в IV гл. (§ 17—20). Но так как эта теория непосредственной связи с дальнейшими работами Бредихина не имеет, то в настоящем случае мы ее пропускаем, ограничиваясь лишь заключением, которое Бредихин напечатал курсивом: «Рош заключает, что гипотеза среды, действующей тяготением, не объясняет кометных явлений, но что теоретические фигуры соглашаются с наблюдаемыми, коль скоро допустим отталкивательную силу Солнца, действующую по радиусу-вектору, обратно пропорционально квадратам расстояний и оказывающую приметное влияние только на материю, доведенную до крайней степени разрежения». *Прим. ред.*



III

§ 9

В исследовании движения частиц хвоста Бессель¹ допускает, что действие отталкивательной силы Солнца обратно пропорционально квадратам расстояний частички от Солнца, и делает некоторые гипотезы, которые можно допустить с значительной вероятностью. Во-первых, он предполагает, что частицы, оставляющие сферу действия кометы с известной скоростью и по известному направлению, могут считаться совершенно свободными, и оставляет без внимания взаимное их действие. Во-вторых, допускает, что движение частиц не встречает сопротивления. Затем он определяет положение, которое занимает в эпоху t частичка кометы, оставившая сферу притяжения ядра во время $t - \tau$ в известном направлении и с известной скоростью. Для

¹ B e s s e l, Sur la constitution physique de la comète de Halley. Connaissance de temps pour 1840. «Astronomische Nachrichten», Bd. 13, p. 185, seqq.

простоты он рассматривает только частички, лежащие в плоскости орбиты.

В действии Солнца на частичку массу Солнца он не принимает равною единице, как это делается при вычислении действия Солнца на планеты и на ядро кометы, но означает ее через μ , оставляя величину μ неопределенной в вычислении.

Сила, с которой Солнце действует на расстояние r , выразится при этом через $\frac{\mu}{r^2}$.

Если это обыкновенное притяжение Солнца, то $\mu = 1$; если $\mu < 1$, то это притяжение, меньшее обыкновенного; если μ отрицательно, то притяжение обращается в отталкивание.

Можно даже, говорит Бессель, в последних двух случаях считать $\mu = 1$, но допустить существование эфира, тяготеющего к Солнцу и не представляющего сопротивления движению. В этом случае относительное притяжение Солнца на частицу с плотностью d , движущуюся в эфире с плотностью d' , будет

$$\frac{d - d'}{dr^2} = \left(1 - \frac{d'}{d}\right) \cdot \frac{1}{r^2}.$$

Однако ж это оттолкновение имеет предел, как показали исследования Пуассона над движением маятника в воздухе. Действительно, движение частицы производит движения некоторой массы эфира, и сила, действующая на частицу, должна привести в движение более

значительную массу; следовательно, ускорительная сила будет меньше относительного притяжения Солнца и выразится так:

$$\left(\frac{d - d'}{d + kd'}\right),$$

где k — положительный коэффициент.

В гипотезе несопротивляющегося эфира оттолкновение достигнет предела, когда движущееся тело будет иметь бесконечно малую плотность относительно эфира; этот предел есть $\frac{1}{k}$. Если эфир не только плотен, но и сопротивляется движению, то скорость частицы, удаляющейся от Солнца, может достигнуть maximum, когда плотность частицы и не бесконечно мала.

Вообразим прямоугольную систему координат с центром в Солнце, притом так, что оси x и y лежат в плоскости орбиты и ось x идет через перихелий, а ось y направлена в сторону движения кометы. Пусть x и y будут координаты ядра; x' , y' — координаты частицы T во время t . Вообразим другую систему с началом в ядре, так что ось ξ идет по радиусу-вектору, а η перпендикулярна к ней и направлена в ту сторону, откуда идет комета. Пусть радиус-вектор ядра r , аномалия v и считается положительной после перихелия и отрицательной до него (фиг. 13).

$$\begin{aligned} Sm = x; \quad Cm = y; \quad Sn = x'; \quad Tn = y'; \\ C_0 = \xi; \quad T_0 = \eta; \\ Sc = r; \quad CSm = v. \end{aligned}$$

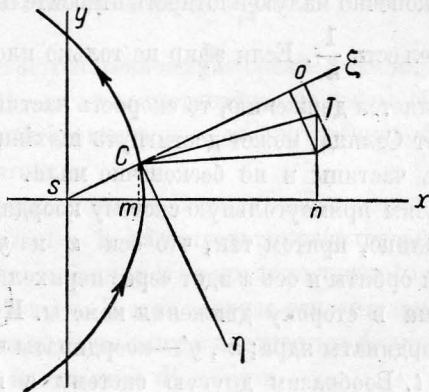
По чертежу видно, что

$$\begin{aligned}\xi &= (x' - x) \cos(r, x) + (y' - y) \cos(r, y), \\ \eta &= (x' - x) \cos(r, y) - (y' - y) \cos(r, x),\end{aligned}$$

или

$$\left. \begin{aligned} r\xi &= xx' + y'y - r^2, \\ r\eta &= yx' - xy'. \end{aligned} \right\} \quad (I)$$

Координаты кометы во время $t - \tau$, т. е. в тот момент, когда частица оставляет сферу действия кометы,



Фиг. 13.

суть: x_0, y_0, r_0, v_0 . Координаты частицы в это самое время суть: x'_0, y'_0, r'_0, v'_0 . Так как x и y суть функции t , то можно написать:

$$x = f(t), \quad y = F(t); \quad x_0 = f(t - \tau), \quad y_0 = F(t - \tau),$$

и если τ мало, то в разложении этих выражений в ряды можно ограничиться третьей степенью τ .

Итак,

$$\begin{aligned}x_0 &= x - \frac{dx}{dt} \cdot \tau + \frac{d^2x}{dt^2} \cdot \frac{\tau^2}{2} - \frac{d^3x}{dt^3} \cdot \frac{\tau^3}{6}, \\ y_0 &= y - \frac{dy}{dt} \cdot \tau + \frac{d^2y}{dt^2} \cdot \frac{\tau^2}{2} - \frac{d^3y}{dt^3} \cdot \frac{\tau^3}{6},\end{aligned}$$

где $x, y, \frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}$ взяты для момента t . Пусть теперь $x'_0 - x_0 = a; \quad y'_0 - y_0 = b;$ относительные начальные скорости частицы будут:

$$\begin{aligned}\frac{dx'_0 - dx_0}{dt} &= \frac{da}{dt} = \alpha, \\ \frac{dy'_0 - dy_0}{dt} &= \frac{db}{dt} = \beta.\end{aligned}$$

При этом

$$\begin{aligned}x'_0 &= x_0 + a = a + x - \frac{dx}{dt} \cdot \tau + \frac{d^2x}{dt^2} \cdot \frac{\tau^2}{2} - \frac{d^3x}{dt^3} \cdot \frac{\tau^3}{6} \dots, \\ y'_0 &= y_0 + b = b + y - \frac{dy}{dt} \cdot \tau + \frac{d^2y}{dt^2} \cdot \frac{\tau^2}{2} - \frac{d^3y}{dt^3} \cdot \frac{\tau^3}{6} \dots, \\ \frac{dx'_0}{dt} &= \alpha + \frac{dx_0}{dt} = \alpha + \frac{dx}{dt} - \frac{d^2x}{dt^2} \cdot \tau + \frac{d^3x}{dt^3} \cdot \frac{\tau^2}{2} \dots, \\ \frac{dy'_0}{dt} &= \beta + \frac{dy_0}{dt} = \beta + \frac{dy}{dt} - \frac{d^2y}{dt^2} \cdot \tau + \frac{d^3y}{dt^3} \cdot \frac{\tau^2}{2} \dots\end{aligned}$$

x', y' суть также функции t , а потому можно писать:

$$\begin{aligned}x &= \varphi(t) = \varphi(t - \tau + \tau) = \\ &= \varphi(t - \tau) + \varphi'(t - \tau) \cdot \tau + \varphi''(t - \tau) \cdot \frac{\tau^2}{2} + \dots,\end{aligned}$$

$$x' = x'_0 + \frac{dx'_0}{dt} \cdot \tau + \frac{d^2x'_0}{dt^2} \cdot \frac{\tau^2}{2} + \frac{d^3x'_0}{dt^3} \cdot \frac{\tau^3}{6} \dots$$

$$y' = y'_0 + \frac{dy'_0}{dt} \cdot \tau + \frac{d^2y'_0}{dt^2} \cdot \frac{\tau^2}{2} + \frac{d^3y'_0}{dt^3} \cdot \frac{\tau^3}{6} \dots$$

Итак, для определения положения частицы во время t стоит вычислить дифференциальные коэффициенты $\frac{dx'_0}{dt}$, $\frac{dy'_0}{dt}$, $\frac{d^2x'_0}{dt^2}$, $\frac{d^2y'_0}{dt^2}$, \dots , но

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{x}{r^3},$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{y}{r^3},$$

$$\frac{d^3x}{dt^3} = \frac{\left(\frac{1}{r^3} \frac{dx}{dt} - 3xr^2 \frac{dr}{dt} \right)}{r^6} = -\frac{1}{r^3} \cdot \frac{dx}{dt} + \frac{3x}{r^4} \cdot \frac{dr}{dt}^2$$

$$\frac{d^3y}{dt^3} = \dots = -\frac{1}{r^3} \frac{dy}{dt} + \frac{3y}{r^4} \frac{dr}{dt}^2$$

$$x'_0 = a + x - \frac{dx}{dt} \cdot \tau - \frac{x}{r^3} \cdot \frac{\tau^2}{2} +$$

$$+ \left(\frac{1}{r^3} \cdot \frac{dx}{dt} - \frac{3x}{r^4} \cdot \frac{dr}{dt} \right) \cdot \frac{\tau^3}{6} \dots$$

$$\frac{dx'_0}{dt} = a + \frac{dx}{dt} + \frac{x}{r^3} \cdot \tau - \left(\frac{1}{r^3} \cdot \frac{dx}{dt} - \frac{3x}{r^4} \cdot \frac{dr}{dt} \right) \frac{\tau^2}{2} \dots$$

По условию относительно выражения силы, действующей на частичку, имеем:

$$\frac{d^2x'}{dt^2} = -\frac{\mu x'}{r'^3}; \quad \frac{d^3x'}{dt^3} = -\frac{\mu}{r'^3} \frac{dx'}{dt} + \frac{3\mu x'}{r'^4} \frac{dr'}{dt}$$

и

$$x' = x'_0 + \frac{dx'_0}{dt} \cdot \tau - \frac{\mu x'_0}{r'^3} \cdot \frac{\tau^2}{2} - \left(\frac{\mu}{r'^3} \cdot \frac{dx'_0}{dt} - \frac{3\mu x'_0}{r'^4} \cdot \frac{dr'_0}{dt} \right) \frac{\tau^3}{6}$$

Для определения $\frac{1}{r'^3}$ и $\frac{1}{r'^4} \cdot \frac{dr'_0}{dt}$ имеем:

$$\frac{1}{r'^3} = \frac{1}{(x_0'^2 + y_0'^2)^{\frac{3}{2}}} = (x_0'^2 + y_0'^2)^{-\frac{3}{2}} = + \left\{ \left(a + x - \frac{dx}{dt} \cdot \tau \right)^2 + \left(b + y - \frac{dy}{dt} \cdot \tau \right)^2 \right\}^{-\frac{3}{2}}$$

Отбрасывая члены порядка квадрата радиуса сферы действия кометы, а в последнем члене, который множится на τ^3 , даже первые степени этого радиуса, получим:

$$\frac{1}{r'^3} = \left\{ a^2 + 2ax + x^2 - 2a \frac{dx}{dt} \cdot \tau - 2x \frac{dx}{dt} \cdot \tau + \dots \right. \\ \left. + b^2 + 2by + y^2 - 2b \frac{dy}{dt} \cdot \tau - 2y \frac{dy}{dt} \cdot \tau \right\}^{-\frac{3}{2}} = \\ = \left\{ r^2 + 2(ax + by) - 2 \left(x \frac{dx}{dt} + y \frac{dy}{dt} \right) \tau - \dots \right. \\ \left. - 2 \left(a \frac{dx}{dt} + b \frac{dy}{dt} \right) \tau \right\}^{-\frac{3}{2}}$$

Отбрасывая члены второго порядка $\left(a \frac{dx}{dt} + b \frac{dy}{dt}\right) \tau$, получим:

$$\begin{aligned} \frac{1}{r_0^3} &= \left\{ r^2 + 2(ax + by) - 2 \left(x \frac{dx}{dt} + y \frac{dy}{dt} \right) \tau \right\}^{-\frac{3}{2}} = \\ &= \left\{ r^2 + 2(ax + by) - 2r \frac{dr}{dt} \cdot \tau \right\}^{-\frac{3}{2}} = \\ &= \frac{1}{r^3} \left\{ 1 + \frac{2}{r^2} (ax + by) - \frac{2}{r} \frac{dr}{dt} \cdot \tau \right\}^{-\frac{3}{2}} \end{aligned}$$

и, разлагая по биному, получим:

$$\frac{1}{r_0^3} = \frac{1}{r^3} - \frac{3(ax + by)}{r^5} + \frac{3}{r^4} \cdot \frac{dr}{dt} \cdot \tau,$$

и

$$\frac{1}{r_0^4} \cdot \frac{dr_0'}{dt} = \frac{1}{r^4} \frac{dr}{dt} + \frac{ax + by}{r^5} \dots$$

Вставляя эти величины в выражения x' , y' , получим:

$$\begin{aligned} x' &= a + x + a\tau + \left[\frac{1-\mu}{r^3} \cdot x - \frac{\mu a}{r^3} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{3\mu x}{r^5} (ax + by) \right] \frac{\tau^2}{2} - \\ &\quad - \left[\frac{2(1-\mu)}{r^3} \left(\frac{dx}{dt} - \frac{3x}{r} \cdot \frac{dr}{dt} \right) + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\mu a}{r^3} - \frac{3\mu x}{r^3} (ax + by) \right] \frac{\tau^3}{6}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y' &= b + y + \beta\tau + \left[\frac{1-\mu}{r^3} \cdot y - \frac{\mu b}{r^3} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{3\mu y}{r^5} (ax + by) \right] \frac{\tau^2}{2} - \\ &\quad - \left[\frac{2(1-\mu)}{r^3} \left(\frac{dy}{dt} - \frac{3y}{r} \cdot \frac{dr}{dt} \right) + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\mu \beta}{r^3} - \frac{3\mu y}{r^5} (ax + by) \right] \frac{\tau^3}{6}. \end{aligned}$$

Вставим эти величины в уравнение (1), помня, что

$$x \frac{dy}{dt} - y \frac{dx}{dt} = \sqrt{p}.$$

$$\begin{aligned} \xi &= ax + by + (ax + \beta y) \tau + \left[\frac{1-\mu}{r} + \frac{2\mu}{r^3} (ax + by) \right] \frac{\tau^2}{2} + \\ &\quad + \left[\frac{4(1-\mu)}{r^2} \cdot \frac{dr}{dt} + \frac{2\mu(ax + \beta y)}{r^3} \right] \frac{\tau^3}{6} \dots, \\ r\eta &= ay - bx + (ay - \beta x) \tau - \frac{\mu}{r^3} (ay - bx) \frac{\tau^2}{2} + \\ &\quad + \left[\frac{2(1-\mu)}{r^3} \cdot \sqrt{p} - \frac{\mu}{r^3} (ay - \beta x) \right] \frac{\tau^3}{6} \dots \end{aligned}$$

Но

$$x = r \cos v; \quad y = r \sin v; \quad \frac{dr}{dt} = \frac{e \sin v}{\sqrt{p}},$$

а потому

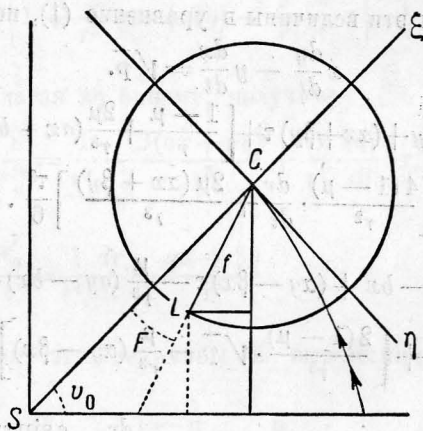
$$\begin{aligned} \xi &= a \cos v + b \sin v + (a \cos v + \beta \sin v) \tau + \\ &\quad + \left[\frac{1-\mu}{r^2} + \frac{2\mu}{r^3} (a \cos v + b \sin v) \right] \frac{\tau^2}{2} + \\ &\quad + \left[\frac{4(1-\mu)}{r^3} \frac{e \sin v}{\sqrt{p}} + \frac{2\mu}{r^3} (a \cos v + \beta \sin v) \right] \frac{\tau^3}{6} \dots, \end{aligned}$$

$$\eta = a \sin v - b \cos v +$$

$$+ (\alpha \sin v - \beta \cos v) \tau - \frac{\mu}{r^3} (a \sin v - b \cos v) \frac{\tau^2}{2} +$$

$$+ \left[\frac{2(1-\mu)}{r^4} \cdot \sqrt{p} - \frac{\mu}{r^3} (\alpha \sin v - \beta \cos v) \right] \frac{\tau^3}{6} \dots$$

Четыре постоянные величины, входящие сюда, удобнее всего принять следующие: начальное положение



Фиг. 14.

частицы относительно подвижной системы координат, определяемое радиусом сферы действия кометы f и углом его F с осью ξ ; начальную скорость частицы g и угол ее G с осью ξ (фиг. 14).

Направление углов условимся считать от радиуса вектора положительным в ту сторону, откуда идет

комета, так что на чертеже, где $CL = f$, угол $F = SCL$,

$$x'_0 - x_0 = a = -f \cos(v_0 + F),$$

$$y'_0 - y_0 = b = -f \sin(v_0 + F);$$

точно так же

$$\alpha = -g \cos(v_0 + G),$$

$$\beta = -g \sin(v_0 + G).$$

Но

$$\cos v_0 = \chi(t - \tau) = \chi(t) - \chi'(t) \cdot \tau + \chi''(t) \frac{\tau^2}{2} \dots,$$

$$\sin v_0 = \phi(t - \tau) = \phi(t) - \phi'(t) \cdot \tau + \phi''(t) \frac{\tau^2}{2} \dots$$

Так как $r^2 dv = \sqrt{p} \cdot dt$, то

$$\cos v_0 = \cos v + \sin v \cdot \frac{\sqrt{p}}{r^2} \tau -$$

$$- \left(\frac{p}{r^4} \cdot \cos v - \frac{2e \sin^2 v}{r^3} \right) \frac{\tau^2}{2} \dots,$$

$$\sin v_0 = \sin v - \cos v \cdot \frac{\sqrt{p}}{r^2} \tau -$$

$$- \left(\frac{p}{r^4} \cdot \sin v + \frac{2e \sin v \cos v}{r^3} \right) \frac{\tau^2}{2} \dots$$

Примечание. Перед двучленами в скобках у Бесселя стоит знак $+$, и эта ошибка производит разницу во всех следующих формулах.

Так как

$$\begin{aligned} a &= -f \cos v_0 \cdot \cos F + f \sin v_0 \sin F, \\ b &= -f \sin v_0 \cdot \cos F - f \cos v_0 \sin F, \end{aligned}$$

то иначе

$$\begin{aligned} a &= -f \cos F \cdot \cos v - f \cos F \sin v \cdot \frac{\sqrt{p}}{r^2} \cdot \tau \\ &+ f \cos F \left(\frac{p}{r^4} \cdot \cos v - \frac{2e \sin^2 v}{r^3} \right) \frac{\tau^2}{2} + \dots \\ &+ f \sin F \cdot \sin v - f \sin F \cdot \cos v \frac{\sqrt{p}}{r^2} \cdot \tau - \\ &- f \sin F \left(\frac{p}{r^4} \cdot \sin v + \frac{2e \sin v \cdot \cos v}{r^3} \right) \frac{\tau^2}{2} \dots \\ b &= -f \cdot \cos F \cdot \sin v + f \cos F \cdot \cos v \cdot \frac{\sqrt{p}}{r^2} \tau + \\ &+ f \cos F \left(\frac{p}{r^4} \cdot \sin v + \frac{2e \sin v \cdot \cos v}{r^3} \right) \frac{\tau^2}{2} + \dots \\ &- f \sin F \cdot \cos v - f \sin F \cdot \sin v \frac{\sqrt{p}}{r^2} \cdot \tau + \\ &+ f \sin F \left(\frac{p}{r^4} \cos v - \frac{2e \sin^2 v}{r^3} \right) \frac{\tau^2}{2} \dots \end{aligned}$$

Для получения α и β в эти формулы стоит только вставить g и G вместо f и F . Вставляя затем a , b , α и β в выражения ξ и η , получим.*

$$\left. \begin{aligned} \xi &= -f \cos F - \left(g \cos G + f \sin F \cdot \frac{\sqrt{p}}{r^2} \right) \tau + \\ &+ \left[\frac{1-\mu}{r^2} - 2g \sin G \frac{\sqrt{p}}{r^2} - \right. \\ &\left. - f \cos F \left(\frac{2\mu}{r^3} - \frac{p}{r^4} \right) - \frac{f \sin F \cdot 2e \sin v}{r^3} \right] \\ &\frac{\tau^2}{2} + \left[\frac{1-\mu}{r^3} \cdot \frac{4e \sin v}{\sqrt{p}} - g \cos G \left(\frac{2\mu}{r^3} - \frac{3p}{r^4} \right) - \right. \\ &\left. - \frac{g \sin G \cdot 6e \sin v}{r^3} \right] \frac{\tau^3}{6}. \\ \eta &= f \cdot \sin F + \left(g \sin G - f \cdot \cos F \frac{\sqrt{p}}{r^2} \right) \tau - \\ &- \left[g \cos G \frac{2\sqrt{p}}{r^2} + f \sin F \left(\frac{\mu}{r^3} + \frac{p}{r^4} \right) + \right. \\ &\left. + \frac{f \cdot \cos F \cdot 2e \sin v}{r^3} \right] \frac{\tau^2}{2} + \\ &+ \left[\frac{2(1-\mu)}{r^4} \sqrt{p} - g \sin G \left(\frac{\mu}{r^3} + \frac{3p}{r^4} \right) - \right. \\ &\left. - \frac{g \cos G \cdot 6e \sin v}{r^3} \right] \frac{\tau^3}{6} \dots \end{aligned} \right\} \text{(II)}$$

Для разделения постоянных величин движения сделаем следующее преобразование: положим

$$\tau = \tau' - \frac{4e \sin v}{3r \sqrt{p}} \cdot \frac{\tau'^2}{2},$$

где τ' будет очень близко к τ .

Тогда

$$\frac{\tau^2}{2} = \frac{\tau'^2}{2} - \frac{12e \sin v}{3r\sqrt{p}} \cdot \frac{\tau'^3}{6} = \frac{\tau'^2}{2} - \frac{4e \sin v}{r\sqrt{p}} \cdot \frac{\tau'^3}{6} \cdot$$

$$\frac{\tau^3}{6} = \frac{\tau'^3}{6} \cdot$$

$$\xi = -f \cos F - \left(g \cos G + f \sin F \frac{\sqrt{p}}{r^2} \right) \tau' +$$

$$+ \left[\frac{1-\mu}{r^2} - \frac{g \sin G \cdot 2\sqrt{p}}{r^2} + \frac{g \cos G \cdot 4e \sin v}{3r\sqrt{p}} - \right.$$

$$\left. - f \cdot \cos F \left(\frac{2\mu}{r^3} - \frac{p}{r^4} \right) - \frac{f \sin F \cdot 2e \sin v}{3r^3} \right] \frac{\tau'^2}{2} -$$

$$- \left[g \cos G \left(\frac{2\mu}{r^3} - \frac{3p}{r^4} \right) - \frac{g \sin G \cdot 2e \sin v}{r^3} \right] \frac{\tau'^3}{6} \dots$$

$$\eta = f \sin F + \left(g \sin G - \frac{f \cos F \sqrt{p}}{r^2} \right) \tau' -$$

$$- \left[\frac{g \cos G \cdot 2\sqrt{p}}{r^2} + \frac{g \sin G \cdot 4e \sin v}{3r\sqrt{p}} + \right.$$

$$\left. + f \cdot \sin F \left(\frac{\mu}{r^3} + \frac{p}{r^4} \right) + \frac{f \cdot \cos F \cdot 2e \sin v}{3r^3} \right] \frac{\tau'^2}{2} +$$

$$+ \left[\frac{2(1-\mu)}{r^4} \sqrt{p} - g \cdot \sin G \left(\frac{\mu}{r^3} + \frac{3p}{r^4} \right) + \right.$$

$$\left. + \frac{g \cdot \cos G \cdot 2e \sin v}{r^3} \right] \frac{\tau'^3}{6} \dots$$

Для довольно значительных ξ можно отбросить радиус сферы действия кометы, и тогда

$$\xi = -g \cos G \tau' + \left[\frac{1-\mu}{r^2} - \frac{g \sin G \cdot 2\sqrt{p}}{r^2} + \right.$$

$$\left. + \frac{g \cos G \cdot 4e \sin v}{3r\sqrt{p}} \right] \frac{\tau'^2}{2} -$$

$$- \left[g \cos G \left(\frac{2\mu}{r^3} - \frac{3p}{r^4} \right) - \frac{g \sin G \cdot 2e \cdot \sin v}{r^3} \right] \frac{\tau'^3}{6} \dots$$

$$\eta = g \sin G \cdot \tau' - \left[\frac{g \cos G \cdot 2\sqrt{p}}{r^2} + \right.$$

$$\left. + \frac{g \sin G \cdot 4e \sin v}{3r\sqrt{p}} \right] \frac{\tau'^2}{2} +$$

$$+ \left[\frac{2(1-\mu)}{r^4} \sqrt{p} - g \sin G \cdot \left(\frac{\mu}{r^3} + \right. \right.$$

$$\left. \left. + \frac{3p}{r^4} \right) + \frac{g \cos G \cdot 2e \cdot \sin v}{r^3} \right] \frac{\tau'^3}{6} \dots$$

Исключая τ' между этими двумя уравнениями, получим уравнение кривой, на которой в момент t находятся все частички, которые вышли из сферы притяжения кометы в предшествовавшие моменты, притом из одной и той же точки кометы, с одной и той же скоростью и в одном и том же направлении. При этом, само собой разумеется, μ считается величиною постоянною. Для сказанного исключения отбросим сначала τ'^3 , тогда ξ будет иметь вид:

$$\xi = b\tau' + \frac{c\tau'^2}{2} \quad \text{и} \quad \tau' = -\frac{b}{c} + \frac{1}{c} \sqrt{2c\xi + b^2}.$$

Пусть

$$\sqrt{2c\xi + b^2} = R,$$

тогда

$$\tau' = \frac{R - b}{c}.$$

Так как $\eta = b'\tau' + \frac{c'\tau'^2}{2} + \frac{d'\tau'^3}{6}$, то, вставляя сюда τ' и отбрасывая притом члены порядка квадрата g , получим, считая $R = \sqrt{2c\xi}$:

$$\eta = \frac{b'}{c} \cdot R + \frac{cc' - bd'}{2c^3} \cdot R^2 + \frac{d'}{6} \frac{R^3}{c^3}.$$

Величины b, b', \dots суть

$$b = -g \cos G;$$

$$c = \left[\frac{1 - \mu}{r^2} - g \cdot \sin G \cdot 2 \frac{\sqrt{p}}{r^2} + g \cos G \cdot 4e \frac{\sin v}{3r\sqrt{p}} \right];$$

$$d = - \left[g \cos G \cdot \left(\frac{2\mu}{r^3} - \frac{3p}{r^4} \right) - g \sin G \frac{2e \sin v}{r^3} \right];$$

$$b' = g \sin G; \quad c' = -g \cos G \cdot \frac{2\sqrt{p}}{r^2} - g \sin G \cdot \frac{4e \sin v}{3r\sqrt{p}}$$

и

$$d' = \left[\frac{2(1 - \mu)}{r^4} \cdot \sqrt{p} - g \sin G \cdot \left(\frac{\mu}{r^3} + \frac{3p}{r^4} \right) + g \cos G \cdot \frac{2e \sin v}{r^3} \right].$$

Когда вставим их в выражение η , перенесем знаменателей в числителе, разложим по биному и при пере-

множении отбросим все члены, содержащие квадраты величины g , то получим:

$$\eta = g \sin G \cdot \left[\frac{r\sqrt{2\xi}}{\sqrt{1-\mu}} - \frac{4re \sin v}{3\sqrt{p(1-\mu)}} \cdot \xi \right] + \frac{2\sqrt{2p}}{3r\sqrt{1-\mu}} \xi^{\frac{3}{2}}. \quad (A)$$

Примечание. Если желаем иметь более точную величину τ' , то к величине $\frac{R - b}{c}$ нужно еще придать небольшую поправку. Действительно,

$$\tau'^2 = \frac{2\xi - 2b\tau'}{c} - \frac{2d\tau'^3}{6c}.$$

При опущении τ'^3 τ' взято больше истинного. Можно написать:

$$\tau'^2 = \tau - \frac{2d\tau'^3}{6c}; \quad \tau' = \left(\tau - \frac{2d\tau'^3}{6c} \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Итак, из $\frac{R - b}{c}$ нужно вычесть $\tau - \frac{1}{2} \cdot \frac{d\tau'^3}{6c}$ или при опущении квадратов величины g вычесть

$$\frac{d\tau'^3}{6c\sqrt{\frac{2\xi}{c}}} = \frac{d\tau'^3}{6\sqrt{2c\xi}} = \frac{dR^3}{6c^3\sqrt{2c\xi}} = \frac{dR^2}{6c^3}.$$

Таким образом более точное

$$\tau' = \frac{R - b}{c} - \frac{dR^2}{6c^3}.$$

Уравнение (А) есть уравнение кривой искомой. Вообще говоря, эту кривую нельзя смешивать с кривой края хвоста. Последняя кривая будет, конечно, кривая всех *minimum* η для предыдущего края и всех *maximum* η для последующего края.

Когда g постоянно, тогда при одном и том же ξ наибольшее η будет для точек, вышедших под углом G с наибольшим $\sin G$, и следовательно, все эти точки будут лежать на краю хвоста. Предел этого наибольшего $\sin G$ будет при $G = 90^\circ$.

А *fortiori* это будет справедливо тогда, когда g будет возрастать вместе с углом G , какою бы функциею его оно ни было. Но если только g уменьшается с увеличением G , тогда для определения кривой края нужно, во-первых, знать вид функции $g = \theta(G)$ и по теории наибольших и наименьших определить наибольшее η . Таким образом получится уравнение кривой края хвоста.

Для точек, лежащих на окружности головы, можно τ считать столь малым, что третьей степенью его позволительно пренебречь и отбросить притом в многочлене со второю степенью τ те члены, в которых τ^2 множится на величину g , считая их членами третьего порядка.

Таким образом ξ и η будут:

$$\xi = -g \cos G \cdot \tau + \frac{1-\mu}{r^2} \cdot \frac{\tau^2}{2};$$

$$\eta = g \sin G \cdot \tau.$$

Если положим g постоянным, то кривая, на которой лежат все эти точки, вышедшие в одно и то же время из кометы, получится от исключения $\sin G$. Для этого

$$\sin G = \frac{\eta}{g\tau};$$

$$\cos^2 G = \frac{g^2\tau^2 - \eta^2}{g^2\tau^2};$$

$$\cos G = \frac{\sqrt{g^2\tau^2 - \eta^2}}{g\tau}$$

и

$$\xi = -\sqrt{g^2\tau^2 - \eta^2} + \frac{R\tau^2}{2},$$

где

$$R = \frac{1-\mu}{r^2},$$

$$\sqrt{g^2\tau^2 - \eta^2} = \frac{R\tau^2}{2} - \xi,$$

$$\eta^2 = R\xi\tau^2 - \xi^2 + g^2\tau^2 - \frac{R^2\tau^4}{4} \dots \quad (B)$$

Кривая очертания головы будет линия *maximum* ξ при одинаковых η

$$\frac{d\xi}{d\tau} = -\frac{g^2\tau}{\sqrt{g^2\tau^2 - \eta^2}} + R\tau = 0,$$

откуда

$$\tau^2 = \frac{g^4 + \eta^2 R^2}{R^2 g^2}.$$

Вставляя это τ^2 в уравнение ξ , получим:

$$\xi = -\frac{g^2}{2R} + \frac{R\eta^2}{2g^2}.$$

Maximum ξ в этой кривой будет, очевидно, при $\eta = 0$, когда

$$\xi = -\frac{g^2}{2R} = -\frac{g^2 r^2}{2(1-\mu)} = -\epsilon.$$

Если перенесем начало координат в эту высшую точку кривой, то получим:

$$\eta'^2 = \frac{2g^2\xi'}{R},$$

а это есть уравнение параболы, фокус которой помещается в прежнем начале координат, т. е. в ядре кометы.

Уравнение (В) есть уравнение круга. Чтобы обнаружить это, перенесем начало координат по оси $\xi\xi$ так, чтобы в этом уравнении исчезла первая степень ξ . Тогда получим:

$$\eta'^2 + \xi'^2 = g^2\tau^2$$

и

$$\xi = \xi' + \frac{\tau^2 R}{2}.$$

Видно отсюда, что с течением времени центр этого круга перемещается по оси $\xi\xi$ из центра кометы в сторону, противоположную Солнцу, и величина этого перемещения равна $\frac{R\tau^2}{2}$.

Строя такие круги для различных времен, протекших со времени выхода частиц из ядра, получим графическое представление расположения частиц в голове кометы.

Из этого построения легко видеть, что в каждый момент голова кометы состоит из круговых слоев, ограниченных снаружи параболой. Слои эти тем чаще, чем ближе они к предельному слою; следовательно, сгущение вещества, лежащего на пределе слоев, частички коих вышли с одинаковою скоростью, несколько более сгущения в частях, лежащих между предельным слоем и ядром, но не близких к ядру, ибо тут частички, вышедшие из ядра по различным направлениям, еще очень близки одна к другой.

Если из ядра выходят частицы с различными g и μ , то образуется несколько параболических оболочек, как это видно в комете Донати. Каждый слой отделившихся от ядра частиц становится реже по мере удаления от кометы, ибо поверхность его увеличивается; но это разрежение вознаграждается на поверхности головы сближением слоев около слоя предельного.

Если g уменьшается с увеличением G , то ветви кривой представляющей наружное очертание головы, начиная от вершины, будут расходиться менее, чем ветви параболы. Такое уклонение от параболы очевидно на всех рисунках головы кометы 1858 г. (V) и других комет, а потому для них нужно допустить уменьшение g с уве-

личением G , хотя и трудно найти зависимость между этими величинами ¹.

Из уравнения (A) определяется тангенс угла, который составляет линия, проведенная к какой-нибудь точке кривой, с продолжением радиуса-вектора. Для этого стоит только разделить уравнение на ξ , тогда получим, называя этот угол φ :

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi = g \sin G \cdot \left\{ \frac{r \sqrt{2}}{\sqrt{1-\mu} \cdot \sqrt{\xi}} - \frac{4re \sin v}{3 \sqrt{p} (1-\mu)} \right\} + \\ + \frac{2\sqrt{2p}}{3r} \cdot \frac{\sqrt{\xi}}{\sqrt{1-\mu}} \dots \end{aligned} \quad (C)$$

Для определения времени выхождения частицы из сферы действия кометы получим из $\tau = \frac{R-b}{c} - \frac{dR^3}{6c^3}$,

вставляя сюда величины R , b , c и d , следующее выражение:

$$\begin{aligned} \tau = \frac{r \sqrt{2\xi}}{\sqrt{1-\mu}} \left[1 + \frac{g \cdot \sin G \sqrt{p}}{1-\mu} - \frac{g \cdot \cos G \cdot 2re \sin v}{3(1-\mu) \sqrt{p}} \right] + \\ + \frac{g \cdot \cos G \cdot r^2}{1-\mu} + \\ + \frac{\xi}{3(1-\mu)^2} [g \cos G(2\mu r - 3p) - g \sin G \cdot 2re \sin v]. \end{aligned} \quad (D)$$

Если в уравнении $\operatorname{tg} \varphi$ положим $g \sin G$ равным нулю, т. е. допустим, что комета испускает одинаковое количество материи по обе стороны радиуса-вектора,

¹ «Astronomische Nachrichten», № 1291.

то тогда $\operatorname{tg} \varphi$ приведет к одному только последнему члену, т. е. будет

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2\sqrt{2p}}{3r} \cdot \frac{\sqrt{\xi}}{\sqrt{1-\mu}}.$$

Отсюда, по определенным координатам какой-нибудь точки на оси хвоста, получим величину $1-\mu$ и самое μ .

Заменяя в уравнении (C) $g \sin G$ пределом величин, которые он может иметь, получим углы, которые составляют края хвоста с продолжением радиуса-вектора; разность этих углов будет указывать расширение хвоста.



Предыдущие формулы Бессель приложил к наблюдениям кометы Галлея.

15 октября 1835 г. линия, проведенная в некоторой точке на оси хвоста, составляла с радиусом-вектором угол $\varphi = 9^\circ 4'$. Так как расстояние этой точки от ядра ушло равно 0,055484, то $\xi = 0,054791$. Для кометы Галлея $\lg p = 0,06624$; $e = 0,98572$ и во время наблюдения $v = -72^\circ 8'$. По этим величинам определится r и при помощи него получается

$$\operatorname{tg}(9^\circ 4') = \frac{0,26762}{\sqrt{1-\mu}},$$

откуда

$$1-\mu = 2,812 \text{ и } \mu = -1,812.$$

Так как расширение хвоста близ этой точки было не более 3° , то, следовательно, для последующего края

было $\varphi = 10^{\circ}33'$, а для предыдущего $\varphi = 7^{\circ}33'$; по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi = 3,5732 \cdot g \sin G + 0,1595$$

получим пределы для величины $g \sin G$

$$\pm 0,00750.$$

Так как туманность на стороне, обращенной к Солнцу, простиралась от ядра на $4'$, то по формуле

$$\frac{r^2 g^2}{2(1-\mu)} = \varepsilon,$$

выражающей расстояние вершины кривой от ядра, получим $g = 0,0376$. Так как притяжение Солнца принято за единицу, то во всех предыдущих формулах единице времени считается величина 58,13244 дня.

Из сравнения $g \sin G$ предельного с величиною g можно заключить, что либо частицы выходили к Солнцу под острыми углами G , либо скорость уменьшалась по мере увеличения угла G . Действительно, если скорость g постоянна для всех углов G , тогда предельные углы выхода частиц будут: $G = \pm 11^{\circ}17'$. Наблюдения 22 и 25 октября показывают, что светлая материя исходила под значительными углами с радиусом-вектором, следовательно, g уменьшалось с увеличением G . Такое уменьшение Бесселю кажется еще очевиднее в комете 1744 г., в которой материя, по рисункам Гейнзуса, исходила под всеми возможными углами до прямого угла, и, несмотря на то, хвост был длинен

и очень тонок. Вставляя $1 - \mu$ в уравнение (D) и полагая для частиц оси $G = 0$, получаем время $\tau' = 0,18064$, $\tau = 0,20177$, или в днях $\tau = 11,7$ дня. Таким образом частички, которые находились 15 октября в наблюдаемой точке хвоста, оставили комету 3—4 октября.

Бессель прибавляет, что хотя наблюдения направления хвоста довольно грубы, но $1 - \mu$ можно считать величиной приближенной. Если бы оно было очень мало, то угол φ сначала был бы нечувствителен, а потом быстро возрастал бы с ξ , и хвост был бы очень отклонен. Первый член формулы (C) имел бы значительную величину для приметных величин $g \cdot \sin G$, и следовательно, ширина хвоста была бы значительна. Это противоречит наблюдениям над кометой Галлея и другими кометами, так что Бессель считает невозможным сомневаться в существовании отталкивательной силы Солнца, действительной или кажущейся.

Уравнения (II) показывают, что частички, координаты которых возросли до приметных величин, для одной и той же величины $g \sin G$ описывают одну кривую, притом те, которые вышли под углом между 0° и 180° , описывают одну ветвь кривой очертания хвоста, вышедшие же под углом между 0° и -180° описывают другую ветвь. Этот результат объясняет явление, замеченное в комете 1811 г., которой хвост состоял из двух разделенных позади головы ветвей. Заметим притом, что теория дает кривую линию, когда рассматриваются точки, движущиеся только в плоскости орбиты, и поверхность — когда рассматриваем точки, движущиеся во

всех других плоскостях. Хвост, который не состоит из двух ветвей, разделенных темным промежутком, может быть объяснен при допущении, что $g \sin v$ меньше, нежели в кометах с хвостами разделенными. Те же уравнения (II) при $G = 0$ и $F = 0$ дают

$$\left. \begin{aligned} \eta &= -f \cdot \frac{\sqrt{p}}{r^2} \cdot \tau - \left(g \frac{\sqrt{p}}{r^2} + f \frac{e \sin v}{r^3} \right) \tau^2 + \\ &\quad + \left(\frac{1-\mu}{r^4} \sqrt{p} - g \cdot \frac{3e \sin v}{r^3} \right) \frac{\tau^3}{3} \dots \\ \xi &= -f - g\tau + \left[\frac{1-\mu}{r^2} - f \left(\frac{2\mu}{r^3} - \frac{p}{r^4} \right) \right] \frac{\tau^2}{2} + \\ &\quad + \left[\frac{1-\mu}{r^3} \cdot \frac{4e \sin v}{\sqrt{p}} - G \left(\frac{2\mu}{r^3} - \frac{3p}{r^4} \right) \right] \frac{\tau^3}{6} \dots \end{aligned} \right\} \text{(III)}$$

Так как f очень мало и g , вероятно, меньше $1-\mu$, то до перихелия и после него первый и второй члены η отрицательны, а третий положителен. Таким образом все частички, испущенные кометой в направлении к Солнцу, предшествуют комете до тех пор, пока τ недостаточно велико для того, чтобы третий член сделался более двух первых. Но из выражения ξ видно, что это не может случиться при таком τ , при котором частичка движется еще к Солнцу. Из рассмотрения η видно, что при одном и том же τ с приближением кометы к перихелию и с удалением ее от него отрицательный множитель при τ^2 постоянно возрастает, хотя и незначительно, по малости f ; положительный же множитель при τ^3 постоянно уменьшается и притом, если g

не чрезвычайно мало в сравнении с $1-\mu$, то уменьшение это будет заметно. Таким образом частички, вышедшие по направлению радиуса-вектора, все круче и круче поворачивают в сторону, предшествующую радиусу-вектору. Другими словами, если материя изливается в одинаковом количестве по обе стороны радиуса-вектора, то ее все больше и больше переливается в сказанную сторону и тем больше, чем больше g . Эта материя переходит далее в предыдущую ветвь хвоста. Если бы g было равно нулю, тогда бы материя, вышедшая по радиусу-вектору, шла в сторону положительных η (при f очень малом). Итак, при g , не очень ничтожном, предыдущая часть головы и предыдущий край хвоста должны быть светлее. Этим Бессель объясняет большую кривизну предыдущего края светлого веера и большее скопление светлой материи на правой, т. е. предыдущей стороне ядра. Впрочем, Бессель, имея в виду неверную формулу

$$\eta = -f \frac{\sqrt{p}}{r^2} \cdot \tau - \left(g \frac{\sqrt{p}}{r^2} - f \frac{e \sin v}{r^3} \right) \tau^2 + \\ + \left(\frac{1-\mu}{r^4} \sqrt{p} + g \frac{3e \sin v}{r^3} \right) \frac{\tau^3}{3} \dots,$$

принимает, повидимому, что только до перихелия частички, вышедшие по радиусу-вектору, предшествуют комете; вот его слова¹: «Так как наблюдения кометы Галлея были сделаны до перихелия, то $\sin v$ отрица-

¹ Bessel, l. c., p. 106.

телен; поэтому первые два члена величины η также отрицательны, и таким образом все частички, вышедшие по направлению к Солнцу, в эпохи предшествования наблюдению предшествуют комете, пока разность эпох не сделается столь большой, что третий член будет более двух первых».

В комете 1811 г. светлая материя не представлялась исходящею из определенного места поверхности ядра; она выходила из него одинаково по всем направлениям. Форма хвоста показывает в то же время, что $g \sin G$ имело более значительную величину. Может быть, говорит Бессель, более или менее ясное существование веера можно объяснить более или менее значительной величиной $g \sin G$. Действительно, чем больше эта величина, тем значительнее составляющая скорости, перпендикулярная к радиусу-вектору, а следовательно, угол, под которым исходят частички, может быть также больше. Но, с другой стороны, во многих кометах и особенно в комете Галлея пределы веера были так резки, что, кажется, трудно приписать одной причине движение частиц веера и частиц остальной туманности. Более вероятно считать равное во все стороны распределение туманности результатом общего действия Солнца на все части кометы и предположить, что светлый веер произведен частным действием Солнца на часть поверхности, направленную к нему. Если постоянное $g \sin G$ имеет две различные величины, принадлежащие различным частям туманности, то светлый веер разделится на две различные ветви; это видел Мессье

в комете 1769 г. Комета 1807 г. имела два хвоста, которые вместе выходили из головы и разделялись на расстоянии одного градуса от ядра. По наблюдениям Бесселя один хвост составлял с радиусом угол в 8° , другой — в 29° . Эти примеры не позволяют сомневаться в том, что отталкивательная сила Солнца может иметь две различные величины, действующие на различные части светлой материи.

Вот каким образом Бессель объясняет физически силу, которая производит явления хвостов.

Всякое действие одного тела на другое может быть разделено на две части, из которых одна действует одинаково на все частицы тела, а другая слагается из различных действий, производимых на различные части. Когда тела очень удалены одно от другого и действие их слабо, то по мере уменьшения расстояния сперва становится чувствительною первая часть; вторая получает приметную величину только позже. Таким образом, когда комета приближается к Солнцу, то прежде замечается общее действие на все частички, оно состоит в том, что частицы улечучиваются и притом поляризуются так, что отталкиваются Солнцем. Вторая часть производит поляризацию самой кометы и особенное истечение светлой материи в направлении к Солнцу. Часть поверхности, из которой выходит светлый пучок, имеет такую поляриность, что стремится притянуться Солнцем, равно как и выходящие из нее частицы. Но частицы эти движутся в пространстве, наполненном материей, которая поляризована проти-

воположно и которая постоянно воспроизводится. Таким образом противоположные полярности нейтрализуются, и частички, образующие пучок, теряют прежнюю полярность и мало-помалу с удалением от ядра получают новую.

Исследование хвостов не дает возможности решить вопроса: различается ли отталкивание Солнца в основных свойствах от обыкновенного притяжения, или оно есть только следствие восхождения частиц хвоста в плотнейшем, но не сопротивляющемся движению эфира. Но есть явления, которые нельзя объяснить гипотезой такого эфира ¹, более плотного, чем частицы хвоста. Эти явления суть: колебательное движение истечения и движение частиц с ускорительной скоростью сперва к Солнцу, а потом от него. Можно объяснить эфиром силу Солнца, отличную от обыкновенной притягательной силы только тогда, когда она есть притяжение, меньшее обыкновенного, или оттолкновение, не превосходящее $\frac{1}{k}$, а не тогда, когда она будет притяжение, большее обыкновенного. Такой случай Бессель видит в аномальном хвосте кометы 1824 г. и объясняет его тем, что истечение, выходящее из ядра, не встречало материи с противоположной полярностью или встречало ее очень мало, а потому и было притягиваемо Солнцем сильнее, чем притяжением обыкновенным. При этом, говорит Бессель, гипотеза эфира требует, чтобы

¹ «Astronomische Nachrichten», Bd. 13, p. 229.

частички хвоста, пока они принадлежат комете и подчиняются обыкновенному притяжению Солнца, имели очень большую плотность относительно эфира; после их отделения это отношение плотностей должно извратиться: частички должны стать менее плотны, чем эфир.

Материя, исходящая из кометы для образования пучка, должна производить на центр тяжести кометы отталкивательное действие, которое, будучи постоянно, образует ускорительную силу. Бессель так убежден в этом, что в случае, если бы наблюдения не указали подобного действия, ему кажется более вероятным допустить, что действие светлого пучка уничтожено действием пучка темного, чем признать отсутствие такого действия. В заключение он говорит, что явления хвостов могут решить вопрос относительно существования сопротивляющегося эфира.

Мы говорили уже, что до 1858 г. хвосты комет, являвшихся с 1835 г., не подвергались строгим исследованиям. Правда, наблюдение хвоста кометы 1853 г. (III) привело Шмидта, как казалось ему, к весьма замечательным результатам относительно движения хвоста. С 23 по 30 августа он сделал шесть определений направлений хвоста и выводит из них ¹, что хвост колебался, подобно маятнику, около радиуса-вектора, переходя попеременно то по одну сторону его, то по другую и удаляясь при таких колебаниях более в ту

¹ «Astronomische Nachrichten», № 883.

сторону, откуда шла комета. Отсюда он заключает, что такие колебания встречали сопротивление с той стороны, куда шла комета. Чтобы оценить результаты Шмидта, довольно заметить, что под углом радиуса-вектора с хвостом он разумеет разность их углов положения и не делает приведения ее по известным формулам к плоскости орбиты. Когда сделаем такое приведение, то окажется, как увидим ниже, что колебание это было кажущееся. Хвост представлялся по обе стороны радиуса-вектора потому, что Земля была близка к плоскости орбиты. Такие колебания (кажущиеся) замечаются каждый раз, когда во время наблюдения кометы Земля проходит через ее орбиту. Мы видели, как Брандес воспользовался этим для доказательства того, что хвост лежит в плоскости орбиты. Таким образом в основании исследования Шмидта лежит смещение истинного отклонения хвоста от радиуса-вектора с кажущимся, а потому мы не останавливаемся далее на этом предмете.

Сравнение теории Бесселя с наблюдениями кометы 1858 г. (Донати) было сделано гг. Папе¹ и Виннеке², и мемуар последнего можно считать дополнением к

¹ «Astronomische Nachrichten», № 1172, 1173, 1174.

² «Mémoires de l'Académie, de St. Petersbourg», VII série, т. II, № 1.

исследованиям первого. Поэтому мы изложим одновременно результаты обоих астрономов, позволяя себе при этом сделать некоторые замечания, показавшиеся нам необходимыми.

Во-первых, относительно направлений истечения Папе говорит, что протяжение истечения по дуге на 180° , неровность его света и отчасти неправильная фигура делали почти невозможным определение его положения. Однакож то обстоятельство, что изменения в направлении были, несомненно, замечены, делает для него вероятным, что и направление ядра было подвержено изменениям, которые обнаруживались, хотя менее ясно, в истечении. На основании этого он считает вероятным и существование колебаний ядра и действие полярной силы. Насколько наблюдения над истечением могут вести к этому, мы видели при рассмотрении истечений комет 1835 и 1858 гг. Из наблюдений как той, так и другой кометы можно вывести, несомненно, одно только то, что сектор кометы Галлея следовал за ядром, а сектор кометы Донати предшествовал постоянно ядру. Материя сектора настолько близка к голове, что тут почти не имеем права прилагать формулы Бесселя, или, по крайней мере, не можем приписывать такому приложению никакого серьезного значения. При рассмотрении уравнений (III) мы видели, что материя, выброшенная прямо по радиусу-вектору, стремится предшествовать ядру. Но если f ничтожно в сравнении с g и если притом ядро кометы Галлея имело вращение в сторону движения по ор-

бите, то таким вращением можно объяснить отставание сектора от ядра, т. е. стремление материи в сторону положительных η . Истечение кометы Донати в таком случае служит указанием отсутствия вращения ядра или его незначительности. Еще раз повторяем, что такие соображения можно предложить за недостатком сколько-нибудь удовлетворительного решения вопроса о направлении истечений. Затем из постоянства начального отклонения хвоста Папе согласно с Виннеке выводит постоянство величины μ для промежутка времени от 17 сентября по 14 октября. Папе, впрочем, идет далее и говорит, что формула $\operatorname{tg} \varphi$ показывает, что только около перигелия имеет место постоянство угла $u' - u^\circ = \varphi$, но что с возрастанием r независимо от других обстоятельств, могущих иметь место, φ постоянно уменьшается. Таким образом он принимает постоянство μ для всего времени явления кометы. Допустить такое постоянство μ — значит, другими словами, считать доказанною верность закона квадратов расстояний для отталкивательной силы.

Но точность этого закона не доказывается постоянством отклонений хвоста от 17 сентября по 14 октября, потому что в течение этого времени радиус-вектор кометы изменился неприметно, следовательно, на частички хвоста в части его, близкой к голове, действовала одинаковая отталкивательная сила, какою бы функцией расстояния от Солнца она ни выражалась. Таким образом нельзя заключить и об уменьшении отклонения хвоста с возрастанием r : если сила не вы-

ражается $\frac{\mu}{r^2}$, то, с значительным изменением r , φ может и не следовать тому изменению, какое указывает ему формула Бесселя, выведенная для закона квадратов расстояний. Здесь же заметим, что этот закон несколько не доказан приложением сказанной формулы к наблюдению кометы Галлея, потому что именно, что для такого приложения взято было только одно наблюдение. Если бы к этому наблюдению была приложена формула, выведенная для другого закона, то получилась бы только другая числовая величина μ .

Прочие соображения относительно хвостов остаются справедливыми при других законах действий отталкивательной силы.

Чтобы сделать это очевиднее и в то же время при дальнейших исследованиях иметь в виду формулы, относящиеся к другому закону, мы обобщим исследования Бесселя, допустив, что ускорительные силы, действующие на частичку параллельно осям координат x и y , выражаются следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2x}{dt^2} &= -\frac{\mu x'}{r'^3} + \frac{\nu x}{r'^s}, \\ \frac{d^2y}{dt^2} &= -\frac{\mu y'}{r'^3} + \frac{\nu y}{r'^s}, \end{aligned} \right\}$$

где $s = n + 1$, так что кроме действия Солнца $\frac{\mu}{r'^2}$ мы ввели еще отклонение $\frac{\nu}{r'^n}$.

Встречающиеся далее подстановки и дифференцирования мы выполним только для одной координаты x' : небольшого изменения букв достаточно для перехода к другой координате.

$$\frac{d^2x'}{dt^2} = -\frac{\mu}{r'^3} \frac{dx'}{dt} + \frac{3\mu x'}{r'^4} \frac{dr'}{dt} + \frac{\nu}{r'^s} \frac{dx'}{dt} - \frac{svx'}{r'^{s+1}} \frac{dr'}{dt},$$

$$\frac{1}{r_0'^3} = \frac{1}{r^3} - \frac{3(ax+by)}{r^5} + \frac{3}{r^4} \frac{dr}{dt} \cdot \tau,$$

$$\frac{1}{r_0'^s} = \frac{1}{r^s} - \frac{s \cdot (ax+by)}{r^{s+2}} + \frac{s}{r^{s+1}} \frac{dr}{dt} \cdot \tau,$$

$$\frac{1}{r_0'^4} \frac{dr_0'}{dt} = \frac{1}{r^4} \frac{dr}{dt} + \frac{ax+by}{r^5},$$

$$\frac{1}{r_0'^{s+1}} \frac{dr_0'}{dt} = \frac{1}{r^{s+1}} \frac{dr}{dt} + \frac{ax+by}{r^{s+2}};$$

a , b , α , β и прочие обозначения тут совершенно те же, что и прежде. При вставке этих величин в ряды, представляющие x' и y' , они обратятся в следующие:

$$x' = a + x + \alpha\tau + \left[\frac{1-\mu}{r^3} \cdot x + \frac{\nu x}{rs} - \frac{\mu a}{r^3} + \frac{\nu a}{r^3} + \frac{3\mu x}{r^5} (ax+by) - \frac{svx'}{r^{s+2}} (ax+by) \right] \frac{\tau^2}{2} -$$

$$- \left[\frac{2(1-\mu)}{r^3} \left(\frac{dx}{dt} - \frac{3x}{r} \frac{dr}{dt} \right) + \frac{2\nu}{r^3} \left(\frac{dx}{dt} - \frac{sx}{r} \frac{dr}{dt} \right) + \frac{\mu a}{r^3} - \frac{\nu a}{r^s} - \frac{3\mu x}{r^5} (ax+by) + \frac{svx}{r^{s+2}} (ax+by) \right] \frac{\tau^3}{6} \dots$$

$$y' = b + y + \beta\tau + \left[\frac{1-\mu}{r^3} \cdot y + \frac{\nu y}{r^s} - \frac{\mu b}{r^3} + \frac{\nu b}{r^s} + \frac{3\mu y}{r^5} (ax+by) - \frac{svy}{r^{s+2}} (ax+by) \right] \frac{\tau^2}{2} -$$

$$- \left[\frac{2(1-\mu)}{r^3} \left(\frac{dy}{dt} - \frac{3y}{r} \frac{dr}{dt} \right) + \frac{2\nu}{r^3} \left(\frac{dy}{dt} - \frac{sy}{r} \frac{dr}{dt} \right) + \frac{\mu \beta}{r^3} - \frac{\nu \beta}{r^s} - \frac{3\mu y}{r^5} (ax+by) + \frac{svy}{r^{s+2}} (ax+by) \right] \frac{\tau^3}{6} \dots$$

При вставке этих величин в уравнения $r\xi = xx' + yy' - r^2$; $r\eta = yx - xy'$ получим:

$$r\xi = ax + by + (ax+by)\tau + \left[\frac{1-\mu}{r} + \frac{\nu}{r^{s-2}} + \frac{2\mu}{r^3} (ax+by) - \frac{(s-1)\nu}{r^s} (ax+by) \right] \frac{\tau^2}{2} + \left[\frac{4(1-\mu)}{r^2} \frac{dr}{dt} + \frac{2\nu}{r^{s-1}} \frac{dr}{dt} (s-1) + \frac{2\mu}{r^3} ax + \beta y - \frac{(s-1)\nu}{r^3} (ax+by) \right] \frac{\tau^3}{6} \dots,$$

$$r\eta = ay - bx + (ay - \beta x)\tau - \\ - \left[\frac{\mu}{r^3} (ay - bx) - \frac{\nu}{r^3} (ay - bx) \right] \frac{\tau^2}{2} + \\ + \left[\frac{2(1-\mu)}{r^3} \sqrt{p} + \frac{2\nu}{r^3} \sqrt{p} - \frac{\mu}{r^3} (ay - \beta x) + \right. \\ \left. + \frac{\nu}{r^3} (ay - \beta x) \right] \frac{\tau^3}{6} \dots$$

Положим для сокращения

$$\frac{\nu}{r^3-3} = \frac{\nu}{r^{n-2}} = \omega.$$

Тогда

$$r\xi = ax + by + (ax + \beta y)\tau + \\ + \left[\frac{1}{r} (1 - \mu + \omega) + \frac{1}{r^3} (ax + by)(2\mu - n\omega) \right] \frac{\tau^2}{2} + \\ + \left[\frac{2}{r^2} \cdot \frac{dr}{dt} \left\{ 2(1 - \mu) + n\omega \right\} + \right. \\ \left. + \frac{1}{r^3} (ax + \beta y)(2\mu - n\omega) \right] \frac{\tau^3}{6} \dots,$$

$$r\eta = ay - bx + (ay - \beta x)\tau - \frac{1}{r^3} (ay - bx)(\mu - \omega) \frac{\tau^2}{2} + \\ + \left[\frac{2}{r^3} (1 - \mu + \omega) \sqrt{p} - \frac{1}{r^3} (ay - \beta x)(\mu - \omega) \right] \frac{\tau^3}{6} \dots$$

Или, по вставке сюда

$$x = r \cos v, \quad y = r \sin v, \quad \frac{dr}{dt} = \frac{e \sin v}{\sqrt{p}},$$

получим:

$$\xi = a \cos v + b \sin v + (\alpha \cos v + \beta \sin v)\tau + \\ + \left[\frac{1}{r^2} (1 - \mu + \omega) + \right. \\ \left. + \frac{1}{r^3} (a \cos v + b \sin v)(2\mu - n\omega) \right] \frac{\tau^2}{2} + \\ + \left[\frac{2}{r^3} \frac{e \sin v}{\sqrt{p}} \{ 2(1 - \mu + n\omega) \} + \right. \\ \left. + \frac{1}{r^3} (a \cos v + \beta \sin v)(2\mu - n\omega) \right] \frac{\tau^3}{6} \dots,$$

$$\eta = a \sin v - b \cos v + (\alpha \sin v - \beta \cos v)\tau - \\ - \frac{1}{r^3} (a \sin v - b \cos v)(\mu - \omega) \frac{\tau^2}{2} + \\ + \left[\frac{2}{r^4} (1 - \mu + \omega) \sqrt{p} - \right. \\ \left. - \frac{1}{r^3} (a \sin v - \beta \cos v)(\mu - \omega) \right] \frac{\tau^3}{6} \dots$$

Наконец, по введении постоянных величин f , g , F и G , будет:

$$\xi = -f \cos F - \left(g \cos G + f \sin F \cdot \frac{\sqrt{p}}{r^2} \right) \tau + \\ + \left[\frac{1}{r^2} (1 - \mu + \omega) - 2g \sin G \frac{\sqrt{p}}{r^2} - \right. \\ \left. - f \cos F \left(\frac{2\mu - n\omega}{r^3} - \frac{p}{r^4} \right) - \frac{f \sin F \cdot 2e \sin v}{r^3} \right] \frac{\tau^2}{2} +$$

$$\begin{aligned}
 & + \left[\frac{2e \sin v}{r^3 \sqrt{p}} \{2(1-\mu) + n\omega\} - \right. \\
 & - g \cos G \left(\frac{2\mu - n\omega}{r^3} - \frac{3p}{r^4} \right) - \left. \frac{g \sin G \cdot 6e \sin v}{r^3} \right] \frac{\tau^3}{6} \dots, \\
 \eta = & f \sin F + \left(g \sin G - f \cos F \cdot \frac{\sqrt{p}}{r^2} \right) \tau - \\
 & - \left[g \cos G \cdot \frac{2\sqrt{p}}{r^2} + f \sin F \left(\frac{\mu - \omega}{r^3} + \frac{p}{r^4} \right) + \right. \\
 & + \left. \frac{f \cdot \cos F \cdot 2e \sin v}{r^3} \right] \frac{\tau^2}{2} + \frac{2(1-\mu + \omega)}{r^4} \sqrt{p} - \\
 & - g \sin G \left(\frac{\mu - \omega}{r^3} + \frac{3p}{r^4} \right) - \left. \frac{g \cos G \cdot 6e \sin v}{r^3} \right] \frac{\tau^3}{6} \dots
 \end{aligned}$$

Если станем рассматривать сперва материю, истекающую к Солнцу, то нужно положить $F=0, G=0$, и тогда

$$\begin{aligned}
 \eta = & -f \frac{\sqrt{p}}{r^2} \cdot \tau - \left(\frac{g\sqrt{p}}{r^2} + \frac{fe \sin v}{r^3} \right) \tau^2 + \\
 & + \left[\frac{1-\mu + \omega}{r^4} \sqrt{p} - g \cdot \frac{3e \sin v}{r^3} \right] \frac{\tau^3}{3} \dots
 \end{aligned}$$

Так как это выражение имеет точно такой вид, как уравнение (III), то к нему прилагаются и те же заключения, т. е. что материя, изливающаяся прямо к Солнцу, переходит постоянно в предыдущую ветвь хвоста, притом после перихелия это изливание значительнее, нежели до перихелия.

Когда сферу действия кометы будем считать ничтожной и τ для точек, лежащих в пределах головы,

предположим столь малым, что третьей степени его можно пренебречь и отбросить притом как члены третьего порядка те члены, в которых τ^2 множится на g , то получим:

$$\begin{aligned}
 \xi = & -g \cos G \cdot \tau + \frac{1-\mu + \omega}{r^2} \cdot \frac{\tau^2}{2}, \\
 \eta = & g \sin G \cdot \tau.
 \end{aligned}$$

Полагая для сокращения $\frac{1-\mu + \omega}{r^2} = R$, получим,

точно так же, как и при законе квадратов расстояний, для очертания головы параболу $\eta'^2 = \frac{2g^2 \xi^2}{R}$ с фокусом в ядре кометы и вершина которой отстоит от

ядра на величину $\epsilon = \frac{g^2}{2R} = \frac{g^2 r^2}{2(1-\mu + \omega)}$.

Это будет выражение наибольшего удаления туманности от ядра на стороне, обращенной к Солнцу. По вставке вместо ω его величины это ϵ будет

$$\frac{g^2 r^n}{2(r^{n-2} - \mu r^{n-2} + \nu)}$$

Вобщем, отвергая f как чрезвычайно малую величину, получим:

$$\begin{aligned}
 \xi = & -g \cos G \cdot \tau + \left[\frac{1-\mu + \omega}{r^2} - 2g \sin G \cdot \frac{\sqrt{p}}{r^2} \right] \frac{\tau^2}{2} + \\
 & + \left[\frac{2e \sin v}{r^3 \sqrt{p}} \{2(1-\mu) + n\omega\} - \right. \\
 & - g \cos G \left(\frac{2\mu - n\omega}{r^3} - \frac{3p}{r^4} \right) - \left. \frac{g \sin G \cdot 6e \sin v}{r^3} \right] \frac{\tau^3}{6} \dots
 \end{aligned}$$

$$\eta = g \sin G \cdot \tau - g \cos G \cdot \frac{2\sqrt{p}}{r^2} \cdot \frac{\tau^2}{2} + \\ + \left[\frac{2(1-\mu+\omega)}{r^4} \sqrt{p} - g \sin G \cdot \left(\frac{\mu-\omega}{r^3} + \frac{3p}{r^4} \right) - \right. \\ \left. - \frac{g \cos G \cdot 6e \sin v}{r^3} \right] \frac{\tau^3}{6} \dots$$

Для значительных величин ξ можно считать ничтожными и g :

$$\xi = \frac{1-\mu+\omega}{r^2} \cdot \frac{\tau^2}{2} + \frac{2e \sin v}{r^3 \sqrt{p}} \{2(1-\mu)+\omega\} \frac{\tau^3}{6},$$

$$\eta = \frac{2(1-\mu+\omega)}{r^4} \cdot \sqrt{p} \cdot \frac{\tau^3}{6} \dots$$

В уравнении ξ отвергнем член с τ^3 перед членом с низшею степенью малой величины. Тогда

$$\xi = \frac{1-\mu+\omega}{r^2} \cdot \frac{\tau^2}{2},$$

$$\eta = \frac{2(1-\mu+\omega)}{r^4} \cdot \sqrt{p} \cdot \frac{\tau^3}{6}.$$

Из выражения ξ получим:

$$\frac{\tau^3}{6} = \frac{r^3 (2\xi)^{\frac{3}{2}}}{6(1-\mu+\omega)^{\frac{3}{2}}}$$

и по вставке его в выражение η найдем:

$$\eta = \frac{2\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{(1-\mu+\omega)}{(1-\mu+\omega)^{\frac{3}{2}}} \cdot \frac{\sqrt{p}}{r} \xi^{\frac{3}{2}}.$$

Для получения тангенса угла отклонения хвоста от радиуса-вектора нужно разделить это уравнение на ξ . Тогда

$$\frac{\eta}{\xi} = \operatorname{tg} \varphi = \frac{2\sqrt{2p} \cdot \sqrt{\xi} \dots}{3r \sqrt{1-\mu+\omega}}. \quad (E)$$

При частном допущении $\mu=1$, т. е. при выражении силы

$$-\frac{1}{r'^2} + \frac{\nu}{r'^n},$$

получим:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{r^{\frac{n-2}{2}}}{\sqrt{\nu}} \cdot \frac{\sqrt{p}}{r} \cdot \sqrt{\xi} \dots \quad (F)$$

Приписывая n различные величины, начиная с 1, получим, означая ускорительную силу через Q , формулы для определения φ по величине ν и, наоборот, для определения ν по известному из наблюдений φ :

$$n=1, \quad Q = -\frac{1}{r'^2} + \frac{\nu}{r'}; \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{2\sqrt{2}}{3} \cdot r^{-\frac{3}{2}} \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{\nu}} \cdot \sqrt{\xi};$$

$$n=2, \quad = -\frac{1}{r'^2} + \frac{\nu}{r'^2}; \quad = \frac{2\sqrt{2}}{3} r^{-1} \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{\nu}} \sqrt{\xi};$$

$$n=3, \quad = -\frac{1}{r'^2} + \frac{\nu}{r'^3}; \quad = \frac{2\sqrt{2}}{3} r^{-\frac{1}{2}} \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{\nu}} \sqrt{\xi};$$

$$n=4, \quad = -\frac{1}{r'^2} + \frac{\nu}{r'^4}; \quad = \frac{2\sqrt{2}}{3} r^0 \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{\nu}} \sqrt{\xi};$$

$$n = 5, Q = -\frac{1}{r^{12}} + \frac{\nu}{r^{15}} \operatorname{tg} \varphi = \frac{2\sqrt{2}}{3} r^{\frac{1}{2}} \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{\nu}} \sqrt{\xi}.$$

$$n = 1, \nu = \frac{8}{9} \frac{p\xi}{r^3 \operatorname{tg}^2 \varphi},$$

$$n = 2, \nu = \frac{8}{9} \frac{p\xi}{r^2 \operatorname{tg}^2 \varphi},$$

$$n = 3, \nu = \frac{8}{9} \frac{p\xi}{r \operatorname{tg}^2 \varphi},$$

$$n = 4, \nu = \frac{8}{9} \frac{p\xi}{\operatorname{tg}^2 \varphi},$$

$$n = 5, \nu = \frac{8}{9} \frac{p\xi r}{\operatorname{tg}^2 \varphi}.$$

При $n=2$, т. е. когда $Q = -\frac{1}{r^{12}} + \frac{\nu}{r^{12}} = -\frac{1-\nu}{r^{12}}$, получаем формулу, тождественную с формулой Бесселя, ибо его μ соответствует совершенно $1-\nu$.



Последуем теперь далее за Папе в его выводах. Относительно распределения света в хвосте он замечает¹, что до 4 октября предыдущий край был светлее и резче последующего; но что 4-го уже он видел в трубу, что последующий, наоборот, стал светлее предыдущего. Виннеке делал заметки относительно

¹ P a p e, l. c., p. 350.

этого только в течение сентября и постоянно находил, что предыдущая ветвь была светлее и шире¹. Далее он не обращал особенного внимания на это обстоятельство, но прибавляет, что в октябре обе ветви были почти равны, а может быть, даже имело место обратное.

Рисунки, сделанные в Пулкове², показывают преобладание света на предыдущем краю даже 9 октября.

13 октября это почти незаметно, но в этот день весь хвост очень укоротился и ослабел. Но важнее всего в этом случае приблизительные измерения относительной ширины ветвей хвоста близ головы, сделанные О. Струве³. Предлагая эти измерения, мы извратили выражения «предыдущий» и «последующий», ибо у Струве они относятся к положению ветвей по прямому восхождению, а предыдущая ветвь по истинному движению была последующею по прямому восхождению. Вот эти измерения:

Сентября 17. На последующей стороне хвост слабее и менее резко определен, нежели на предыдущей.

Сентября 30. Предыдущая граница хвоста представляется очень резко, последующая же в нескольких минутах расстояния от ядра уже размыта.

Октября 5. Ширина хвоста в 5' расстояния от ядра равна приблизительно 6'; из них ширина последующей

¹ W i n n e s k e, l. c., p. 56.

² «Mémoires de l'Académie de St. Petersburg», VII série, т. II, № 1, Tab. 1.

³ S t r u v e, ibid., p. 2—14.

ветви 1',5, темной полосы — 1',5 и предыдущей ветви — 3',0. Последующий край простому глазу представляется сегодня более размытым, чем прежде.

Октябрь 9. Ширина хвоста в 5' расстояния от ядра равна 6'; из них для последующей части 1',5, для темной полосы 2',0, для предыдущей ветви — 2',5.

Октябрь 13. Имеют место точно такие же отношения на расстоянии трех минут от ядра.

Таким образом измерения показывают, что в предыдущую ветвь хвоста переливалось постоянно как до перихелия, так и после него большое количество материи. Это совершенно согласно с теоретическими выводами из формулы (III). Папе и Виннеке выводят из неверной формулы, что после перихелия должно начинаться преимущественное излияние вещества в сторону последующую, и видят подтверждение этого неверного вывода в своих заметках, которые могут считаться менее убедительными, чем измерения толщины ветвей. Формула η , взятая Папе без изменения из мемуара Бесселя, представляется так:

$$\eta = -f \cdot \frac{\sqrt{p}}{r^2} \cdot \tau - \left[g \cdot \frac{\sqrt{p}}{r^2} - f \cdot \frac{e \sin v}{r^3} \right] \tau^2 + \\ + \left[\frac{1-\mu}{r^4} \cdot \sqrt{p} + g \cdot \frac{3e \sin v}{r^3} \right] \tau^3 \dots$$

Из нее он выводит следующие заключения¹:

«До прохождения через перихелий, т. е. при отрицательном v , отрицательны все члены кроме того,

¹ P a r e, l. c., p. 349—350.

который содержит $1-\mu$. Если $1-\mu$ не очень велико, то все частички, вышедшие по направлению к Солнцу, идут туда, где η отрицательно. После перихелия третий и последний члены положительны. Однако же если g относительно $1-\mu$ не очень малая величина, то для малых τ первый и второй члены перевешивают сумму остальных еще несколько времени после перихелия.

Для кометы Донати η становятся положительными только с 4 октября. Отсюда, между прочим, следует, что g имеет значительную величину».

Мы видели, что из верной формулы выходят иные следствия: материя изливается постоянно в сторону отрицательных η , и притом с увеличением g увеличивается это переливание в предыдущую сторону. Так как постоянного увеличения вещества в предыдущей ветви измерения не указывают, то отсюда скорее следует, что g очень мало; ибо при $g=0$ члены с $\sin v$ уничтожаются, и тогда истечения вещества до и после перихелия совершенно одинаковы.



Важнейшее приложение теории Бесселя в комете Донати имело целью определение величины $1-\mu$ при помощи наблюдений над точками хвоста, довольно удаленными от головы. Бессель, как видели выше, употребил для этого точку, лежащую посередине

хвоста, т. е. приблизительно на его оси, точку, для которой в формуле $\operatorname{tg} \varphi$ исчезают члены, умноженные на $g \sin G$, и остается только

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2\sqrt{2p}}{3r} \cdot \frac{\sqrt{\xi}}{\sqrt{1-\mu}}.$$

Папе поступает иначе. Он прилагает формулу к точкам на краю хвоста и для определения двух неизвестных величин $g \sin G$ и $1 - \mu$ берет каждый раз по паре таких точек на одном и том же краю. Для этого определения он преимущественно избрал край предыдущий, как более светлый и более резко очерченный. Наблюдения точек этого края у него простираются от 28 сентября по 8 октября. На последующем краю он брал по одной точке только для сравнения. С 8 октября вид и очертание хвоста так изменились (мы видели, что в это время появился сноп на передней части хвоста), что наблюдения 9, 10, 11 октября он рассматривает отдельно. Для приведения наблюдаемых точек к плоскости орбиты он пользовался известным способом. Так как в течение явления у него явилось вполне основательное убеждение в том, что сечения хвоста плоскостями, перпендикулярными к оси, суть эллипсисы, то величину l , входящую в формулы для приведения, он определял следующим образом:

28 сентября направление хвоста относительно наблюдателя было приблизительно такое, что в этот день видимый диаметр близко соответствовал кривизне

предыдущей ветви хвоста в плоскости, перпендикулярной к орбите. Из величины l для 28 числа выведены были l для других времен наблюдений с обращением внимания на расстояние наблюдаемых точек от ядра и от Земли.

Так как мы сказали, что это есть главнейшая часть приложения теории к наблюдениям, то поэтому считаем необходимым проследить подробно изыскания Папе, ибо без этого не могут быть понятны те замечания, которые мы намерены сделать как относительно общих соображений, так и относительно числовых выводов.

Координаты наблюдаемых точек суть ¹:

П р е д ы д у щ и й к р а й

Ср. вр. берлинское	α	δ	$\alpha \zeta$	$\delta \zeta$
Сентября 28.308 .	193°21'	+39° 5'	192°17'	+32°24'
» — — .	190 13	46 13	...	...
Октября 1.350 .	202 28	37 55	200 17	28 19
» — — .	199 36	50 26	...	...
» 2.301 .	205 42	39 16	202 57	26 39
» — — .	202 46	49 44	...	...
» 4.347 .	215 2	36 10	209 3	22 11
» — — .	213 55	46 38	...	...
» 5.333 .	219 26	35 55	212 6	19 39
» — — .	217 55	50 25	...	...
» 6.326 .	223 21	28 55	215 12	16 48
» — — .	224 29	48 26	...	...
» 8.319 .	232 10	25 26	221 27	+10 30
» — — .	235 54	+42 51	...	...

¹ P a p e, I. c., p. 337—338.

Последующий край

		α	β
Октябрь	1.350	198°30'	+41°20'
»	2.301	201 42	39 31
»	4.347	206 51	39 55
»	5.333	211 55	35 55
»	6.326	216 11	+31 55

Элементы кометы суть:

$$T = 1858 \text{ сентября } 29; \text{ дн. } 23 \text{ ч. } 11 \text{ м. } 2 \text{ с.}; \text{ ср. вр. Парижа}$$

$$\pi = 36^\circ 13' 19''$$

$$\Omega = 165 \quad 18 \quad 57 \quad \left. \vphantom{\Omega} \right\} \text{ Ср. равн. } 1858,0$$

$$i = 63 \quad 1 \quad 47$$

$$q = 0,5785$$

$$e = 0,9969$$

Отсюда получается по известным формулам (так как l для 28 сентября равно $0^\circ 30'$ для близкой от ядра точки и $l = 1^\circ 0'$ — для дальней точки):

Предыдущий край

		l	p'	s	φ	ξ
Сентября	28	$0^\circ 30'$	$7^\circ 5'$	$6^\circ 44'$	$20^\circ 29'$	0.0916
»	28	1 0	354 2	13 54	44 55	0.2143
Октября	1	0 31	10 35	9 26	26 16	0.1047
»	1	1 23	358 55	22 5	47 3	0.2635
»	2	0 36	9 38	12 50	32 7	0.1326
»	2	1 20	359 42	23 5	48 55	0.2458
»	4	0 43	19 5	14 55	26 37	0.1418
»	4	1 20	6 28	24 46	43 49	0.2234
»	5	0 32	20 7	11 41	23 46	0.1083
»	5	1 38	7 11	30 40	47 54	0.2597
»	6	0 42	30 17	14 15	21 21	0.1302
»	6	1 48	12 4	32 38	45 51	0.2633
»	8	0 56	32 49	18 3	28 31	0.1487
»	8	1 56	18 44	34 43	40 13	0.2504

Последующий край

		l	p'	s	φ	ξ
Октябрь	1	$0^\circ 50'$	$354^\circ 5'$	$13^\circ 6'$	$49^\circ 46'$	0.1243
»	2	0 42	355 31	12 54	51 8	0.1096
»	4	1 2	354 29	17 50	57 17	0.1231
»	5	1 4	329 28	16 16	56 39	0.1007
»	6	1 0	3 12	15 8	55 20	0.0897

При положении $g \sin G = \beta$ и $\sqrt{\frac{1}{1-\mu}} = \alpha$ и вставке всех величин в формулу $\operatorname{tg} \varphi$ получаются для каждого дня наблюдения α и β . Они суть:

Предыдущий край

		α	β
Сентября	28	1.640	— 0.106
Октября	1	1.406	— 0.05
»	2	1.700	— 0.127
»	4	1.805	— 0.197
»	5	1.569	— 0.126
»	6	1.626	— 0.136
»	8	1.633	— 0.183

Если эти α вст. вим в уравнения для последующего края, то получим для него β , которые суть:

		β
Октября	1	+ 0.101
»	2	+ 0.065
»	4	+ 0.126
»	5	+ 0.185
»	6	+ 0.158

При таком согласии α и β для различных дней можно взять из них арифметическую середину, и тогда получим $\alpha = 1,625$ и β для предыдущего края будет $-0,140$, а для последующего $+0,126$. Различие знаков согласно с тем, что G для последующего края положительно, а для предыдущего отрицательно. Если средние величины α и β будут вставлены в уравнение $\operatorname{tg} \varphi$ для каждого дня, то получатся соответственные φ . Сравнение вычисленной кривой хвоста с наблюдаемой дает следующие разности в угле положения m и в большом круге m' , когда вычтем наблюдаемые величины из вычисленных:

Предыдущий край

		m	m'
Сентября	28	$-3^{\circ}17'$	$-24'$
»	28	$-1^{\circ}51'$	$-27'$
Октября	1	$-3^{\circ}57'$	$-39'$
»	1	$+0^{\circ}41'$	$+15'$
»	2	$-1^{\circ}41'$	$-24'$
»	2	$-1^{\circ}23'$	$-31'$
»	4	$+3^{\circ}22'$	$+50'$
»	4	$+0^{\circ}34'$	$+15'$
»	5	$-0^{\circ}49'$	$-10'$
»	5	$+0^{\circ}19'$	$+10'$
»	6	$+6^{\circ}2'$	$+86'$
»	6	$+2^{\circ}3'$	$+62'$
»	8	$+3^{\circ}11'$	$+58'$
»	8	$+1^{\circ}43'$	$+58'$

Последующий край

Октября	1	$+4^{\circ}41'$	$+63'$	Октября	5	$-1^{\circ}31'$	$-25'$
»	2	$+3^{\circ}14'$	$+43'$	»	6	$-1^{\circ}0'$	$-15'$
»	4	$-1^{\circ}16'$	$-24'$				

Не станем удивляться этим разностям, когда припомним вообще неточность наблюдений над хвостами комет. Края хвоста были наносимы на карту; положение их относительно окружающих звезд определялось просто глазомером; координаты точек из нанесенной на карту кривой получались при помощи оценки, потому что иначе определять их и нет никакой возможности.

Кроме того, иногда наблюдениям над хвостом мешали облака, а 8-го числа оценка затруднялась тем, что предыдущий край представлялся зубчатым. Результаты, выводимые Папе из предыдущего исследования, суть следующие:

«Подстановка двух постоянных, определяющих предельную линию хвоста, в уравнение этой кривой дает для всего продолжения рассматриваемого явления эту кривую так близко, что остающиеся разности по большей части могут быть приписаны погрешностям наблюдений и влиянию неблагоприятных обстоятельств.

Из наблюдений предельной кривой (кривой края) могут быть выведены с значительной точностью силы, которыми определяется эта кривая, и наконец, силы эти в продолжение явления совершенно постоянны или близки к постоянству».

Заключение о постоянстве силы принимает и Виннеке, говоря, что «Папе вполне доказал, что величина μ оставалась постоянною с 28 сентября по 8 октября»¹.

¹ Виннеке, I. c., p. 50; Папе, I. c., p. 342.

Таким образом, другими словами, Папе и Виннеке считают вполне доказанною верность того закона, который лежит в основании их исследований, ибо во время всего явления частички хвоста изменяли значительно свое расстояние от Солнца, перемещаясь от ядра к крайним частям хвоста, и μ повсюду было для них постоянно. Мы вскоре будем говорить о верности этого вывода, теперь же пойдем несколько далее.

Выведенная выше величина α дает $1 - \mu = 0,379$ из сравнения ее с величиною $g \sin G$. Папе заключает, что эта последняя не так мала в сравнении с первой, чтобы можно было без всякого влияния отбросить ее квадраты, хотя вообще это влияние не может быть значительно. При сравнении β для различных дней ему кажется, что составляющая начальной скорости, перпендикулярная к радиусу ($g \sin G$), с течением времени несколько увеличилась. Это указывает, говорит он, может быть, на то, что с увеличением G , т. е. с увеличением угла сектора истечения, увеличивалась также $g \sin G$. Это противоречит выводу Бесселя о постоянстве $g \sin G$ для всех углов.

Такое возрастание Папе выводит еще другим путем, именно определяя g по формуле $\varepsilon = \frac{r^2 g^2}{2(1 - \mu)}$.

Принимая для 5 октября $\varepsilon = 4'$, он получает $g = 0,038$; сравнивая эту величину с $g \sin G = 0,140$, он приходит к заключению, что под большими углами с радиусом-вектором комета испускала частицы с большою скоростью.

Принимая, что наибольший угол, под которым выходили частицы, есть $G = \pm 90^\circ$, он определяет приблизительно время, которое они употребили для дохождения до наблюдаемой точки. Для дальнейшей точки 5 октября $\xi = 0,2597$, откуда при $g = 0,140$ $\tau' = 0,787$; $\tau' = 0,601 = 34,9$ дня. По верной формуле будет $\tau' = 0,435$; $\tau = 0,386 = 22,4$ дня, т. е. частички эти вышли из кометы около 13 сентября.

Определение ширины хвоста в различные времена показало значительное увеличение ее с 28 сентября по 10 октября, именно от 2 до 10° . Если бы сечения хвоста плоскостями, перпендикулярными к оси, были круги, то ширина 10 октября должна была бы представляться вдвое более ширины 28 сентября. Невероятно, справедливо замечает Папе, чтобы такое расширение было действительное; оно условливалось бы необыкновенное увеличение $g \sin G$. Но оно просто объясняется допущением, что хвост в направлении плоскости орбиты был шире, чем во всяком другом направлении, и шире почти в 4 раза. Этим объясняет он постоянное возрастание угла ветвей хвоста при ядре от 28 сентября по 10 октября. Все это Папе приписывает тому, что частички исходили из кометы преимущественно в плоскости орбиты¹.

Из измерений Виннеке оказывается, что неравенство размеров хвоста не имело места для частей, близких к голове. Эти измерения дают следующую ширину

¹ P a r e, I. c., p. 351.

хвоста на расстоянии от ядра, равном $15'$ (измерения приведены к расстоянию от Земли, равном единице, и отнесены к положению оси, перпендикулярному к лучу зрения ¹⁾):

Сентября 12	8'	Сентября 30	9'
» 16	10	Октября 5	8
» 25	9	» 8	8
» 27	8		

Так как около 12 сентября (именно 8-го) Земля была в плоскости орбиты, а 8 октября линия зрения была близка к перпендикулярности к орбите, то, следовательно, заключает Виннеке, сечения близ головы были круги и $g \sin G$ оставалось постоянно. Этим опровергается неестественное допущение Папе, что частички преимущественно истекали в плоскости орбиты. Причина расширения хвоста на далеком расстоянии от головы, преимущественно в плоскости орбиты, остается неизвестною. Ниже мы постараемся указать ее, а теперь заметим только, что так как толщина хвоста близ головы оставалась одинаковою с 12 сентября, а между тем расстояние туманности от ядра на стороне к Солнцу значительно уменьшилось, то это указывает опять на то, что в начале туманность на стороне к Солнцу растилалась около ядра сферическим слоем, или ядро было далеко от фокуса параболоида, а около перихелия приблизилась к нему.

¹ Winnecke, l. c., p. 54.

Относительно отдельной части хвоста, которую некоторые наблюдатели сравнивают со снопом, Папе находит $1 - \mu = 1,131$ и $g \sin G$ около 0,1. Из этого он заключает, что ядро мало-помалу отталкивало различные частицы, на которые Солнце действовало различно. По выходе из сферы действия кометы они двигались сначала сообща. На значительном же расстоянии от ядра, где различие направлений частиц, движимых различными силами, становилось заметно, сильнее отталкиваемые отделялись от прочих в том направлении, куда двигалась комета.

Наконец, для тонкого прямого хвоста, из наблюдений Ауверса, получается: октября 10.28... $\varphi = 19^\circ 34'$; $\xi = 0,3014$, и отсюда $1 - \mu = 6,317$ и $\mu = -5,317$, а из $\epsilon = 4'$ получается $g = 0,143$.

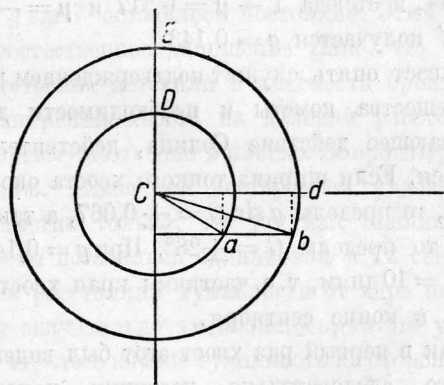
Этот хвост опять служит подтверждением разнородности вещества кометы и необходимости допустить отталкивающее действие Солнца, действительное или кажущееся. Если ширина тонкого хвоста около конца равна 1° , то пределы $g \sin G = \pm 0,067$, а так как $g = 0,143$, то пределы $G = \pm 28^\circ$. При $g = 0,143$... $\tau = 0,1723 = 10$ дням, т. е. частички края хвоста вышли из ядра в конце сентября.

Так как в первый раз хвост этот был виден 16 сентября, то, следовательно, частички, находившиеся тогда на краю, вышли из ядра около 6 сентября. Из этого, впрочем, еще нельзя заключить, что начало образования этого хвоста случилось в это время, потому что хвост был так слаб, что мог быть и невидим не-

сколько времени. Более точных исследований над этим хвостом делать невозможно по причине его слабости, неточности наблюдений и невозможности начертить его на всем течении, потому что близ главного хвоста он совершенно был невидим. Нельзя не согласиться с Виннеке в том, что слабая оболочка была, вероятно, туманная масса, соответствовавшая этому хвосту, — его вершина.



Мы видели, что хвост представляется пустым коноидным колпаком, прозрачностью вещества которого объясняется темная полоса посредине хвоста.



Фиг. 15.

Принимая известным отношение толщины стенок к радиусу поперечных сечений хвоста, можно вычислить самое распределение света в хвосте. Формулу

для этого и приложение ее к хвосту кометы Донати дает Виннеке¹. Чтобы вывести ее, рассмотрим распределение света в бесконечно тонком поперечном сечении хвоста, перпендикулярном к его оси. Фигура такого сечения для небольших расстояний от головы не могла в этой комете удаляться приметно от круга. Допустим, что ось хвоста перпендикулярна к линии зрения и что диаметр сечения незначителен относительно расстояния его от наблюдателя. Пусть отношение толщины пространства, наполненного светлой материей, к радиусу поперечного сечения будет $\frac{1}{d}$ и пусть на фиг. 15

$$CE = 1; \quad DE = \frac{1}{d}; \quad aCd = \psi'; \quad bCd = \psi;$$

т. где

$$\sin \psi = \left(1 - \frac{1}{d}\right) \sin \psi';$$

$$ab = \cos \psi - \left(1 - \frac{1}{d}\right) \cos \psi';$$

$$h = d \cos \psi - (d - 1) \cos \psi',$$

где h означает отношение ab к толщине кольца $\frac{1}{d}$, или

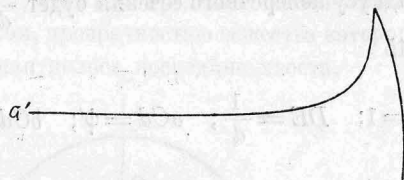
$$h = d \sqrt{1 - \left(1 - \frac{1}{d}\right)^2 \cdot \sin^2 \psi' - (d - 1) \cos \psi'}.$$

¹ Winnecke, l. c., p. 57.

Наибольшая величина ab , а следовательно, и h будет, очевидно, при $\psi' = 90^\circ$, т. е. при $\sin \psi' = 1$; $\cos \psi' = 0$.

Это максимум $h = \sqrt{2d - 1}$ — на расстоянии от края, равном $\frac{1}{d}$, или на расстоянии от середины, равном $\left(1 - \frac{1}{d}\right)$.

Это h выражено в единицах силы света посредине хвоста. Для большей наглядности можно представить

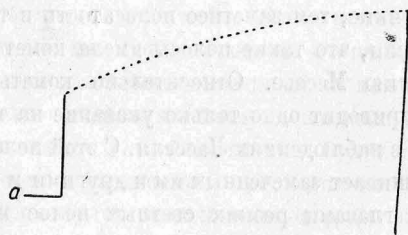


Фиг. 16.

распределение света кривой, которой ординаты пропорциональны напряженности света, а абсциссы — расстояниям от оси. Когда $d = 10$, то эта кривая представит две узкие полосы света на краях хвоста (фиг. 16).

Размер этих полос будет гораздо меньше ширины темного пространства. Так как комета представляла по обеим сторонам темного канала две широкие светлые полосы, которые шириною долгое время превосходили темную полосу, то для кометы Донати $\frac{1}{d} = \frac{1}{10}$ несогласно с наблюдениями. Для большей толщины или для

меньшего d максимум света приблизится, конечно, к середине, но и разность света середины и краев делается незначительнее, что опять несогласно с наблюдениями. При еще меньшей толщине стенок максимум света подвинется еще ближе к краям, и светлые полосы сделаются уже. Поэтому Виннеке, опираясь на наблюдения некоторых комет, в которых, по крайней мере, два коноида были вставлены один в другой, при-



Фиг. 17.

нимает, что хвост состоял из очень многих, вложенных один в другой коноидов, толщина которых очень незначительна и которые отделялись друг от друга сравнительно большими промежутками. Он вычисляет распределение света при допущении, что $\frac{1}{d} = \frac{1}{100\,000}$ доли радиуса наружного коноида, что 80 таких коноидов вложены один в другой и что они удалены друг от друга на одну сотую наибольшего радиуса, так что внутри остается пустота, которой радиус равен двум десятым наибольшего. Фиг. 17 представляет рас-

пределение света для одной половины хвоста, так что a означает середину темной полосы. Такое распределение уже довольно близко представляет наблюдаемое в половине сентября. Увеличивая число коноидов, можно сделать менее резким переход от светлых полос к темным. При таком распределении света ветви хвоста должны состоять из перемежающихся светлых и темных полосок, которых ширина зависит от толщины стенок коноидов и их взаимного расстояния. Чем больше это расстояние, тем заметнее полосатость в телескопе.

Мы видели, что такие полосы имела комета 1769 г., по описанию Мессье. Относительно кометы Донати Виннеке приводит одно только указание на такую полосатость в наблюдениях Ласселя. С этой полосатостью он не смешивает замеченных им и другими и виденных простыми глазами резких светлых полос в верхней части хвоста, направления которых перекрещивались, по крайней мере, для более заметных из них, в точке хвоста, лежащей на некотором расстоянии от головы. В комете 1811 г. гипотеза пустого коноида, кажется, вполне хорошо удовлетворяла наблюдениям: Гершель не нашел в ней и полосатости.

Допуская такие отдельные, вложенные друг в друга коноиды с одной общей осью, Виннеке, очевидно, допускает, как видно из формул Бесселя, что вещество, истекающее из кометы, отталивалося ядром весьма различно, т. е. имело различные начальные скорости, но все его частицы были подчинены одной и той же силе μ . Действительно, от g зависит почти исключи-

тельно толщина хвоста, между тем как μ определяет положение его оси.

Весьма естественно, что на частицы, подверженные различному действию кометы, различно действует и Солнце, т. е. μ также различно для них. Такое различие μ для кометы Донати проявилось даже очень заметно в явлении тонкого слабого хвоста и сноповидного придатка. Но это различие было значительно, между тем как разнообразие μ могло быть в таких пределах, при которых оно не могло обнаружиться отдельной частью хвоста. Что же произойдет при этом? Очевидно, столько различных коноидных колпаков, сколько различных веществ истекает из кометы. Оси этих коноидов в начале, т. е. близ головы, будут сливаться почти и потом мало-помалу расходиться, причем, конечно, более будут отклоняться от радиуса-вектора оси тех коноидов, частички которых подвержены меньшему оттолкновению Солнца. Необходимым следствием этого будет расширение хвоста в плоскости орбиты, тем большее, чем дальше от головы. При этом сечения хвоста перестанут быть кругами, но сделаются эллипсами, тем более растянутыми в плоскости орбиты, чем дальше они от головы. Далее, темная полоса будет резка там, где оси коноидов почти сливаются, ибо тут стенки коноидов совпадают между собой и пустоты, т. е. темные полосы, составляют одну полосу. С удалением же от головы и расхождением осей коноидов стенки одного коноида будут совпадать с пустотой другого и т. д. От этого темная полоса с удалением от головы

будет становиться менее резкою, и на некотором расстоянии уже перестанет совсем быть заметной, как это и было в хвосте кометы Донати, темную полосу которого можно было проследить немного далее половины хвоста, между тем как в комете 1811 г. она шла через весь хвост.

Еще далее, если бы разнообразие вещества, истекающего из ядра, а следовательно, и разнообразие μ было непрерывно между некоторыми пределами, тогда бы верхние части хвоста представляли по всей ширине равномерный свет, по крайней мере для невооруженного глаза. Но так как естественнее допустить некоторые переходы или скачки в таком разнообразии вещества, как на это указывает тонкий прямой хвост, резко отличный от остального, — то хвост будет представлять продольные, более и менее светлые полосы, общая точка встречи которых будет там, где оси коноидов начинают приметно расходиться, т. е. в некоторой точке хвоста выше головы, что совершенно согласно опять с наблюдениями. Наконец, эти коноиды или светлые их края, выдвигаясь на предыдущем и последующем краях хвоста из общей его массы, дадут ему вид пера, который так ясно и в течение многих дней замечал Лаис в Дерпте и другие наблюдатели.

Вот в каком смысле, в заметке моей о комете Донати¹, я выразился, что хвост этой кометы был собственно целая система хвостов, криволинейные оси которых

¹ «Astronomische Nachrichten» № 1291.

совпадали близ головы, но с удалением от нее раздвигались в плоскости орбиты в виде веера. Такое допущение, объясняющее целую совокупность явлений, мне кажется естественнее гипотезы Папе, в которой он объясняет сплюснутую фигуру хвоста тем, что комета испускала частицы преимущественно в плоскости орбиты. Ясно из рассмотрения формул движения частиц, что он хочет сказать этим, что в плоскости орбиты $g \sin G$ было несравненно больше, чем во всякой другой плоскости.

Наконец, слоистое строение головы кометы Донати, так резко замеченное многими наблюдателями, подтверждает наше объяснение. В комете Галлея, например, хвост которой мало расширялся к концу, голова не состояла из концентрических слоев; то же было в комете 1853 г. (III), в комете 1811 г. и др., где вещество было, вероятно, почти однородно.



Предыдущие соображения прилагаются одинаково к различным законам действия отталкивательной силы Солнца. Но самый закон этот мы считаем еще вовсе недоказанным наблюдениями, несмотря на согласие величин α и β , полученных Папе для различных дней. Исследования Папе не дают права сказать, что μ постоянно для различных расстояний частицы от Солнца при выражении силы $\frac{\mu}{r^2}$. Причина этого, глав-

ным образом, заключается в том, что комета Донати не представляла достаточных удобств для такого исследования, а отчасти и в том, что приложение формулы Бесселя к точкам ее хвоста было сделано Папе так, что неверность принятого им закона силы никак не могла обнаружиться. Для полного решения вопроса мы рассмотрим оба эти обстоятельства несколько подробнее.

Положение кометы было невыгодно потому, что сколько-нибудь точные определения координат точек хвоста могли быть производимы и приводимы к плоскости орбиты только близ перихелия, который имел место 30 сентября, ибо в начале сентября Земля проходила через плоскость орбиты и хвост представлялся очень сокращенным.

Определения Папе простираются по времени с 28 сентября (два дня до перихелия) по 8 октября (восемь дней после перихелия). В течение этого времени радиус-вектор ядра изменился всего от 0,5785 до 0,6080, т. е. всего на три сотых, так что смело можно положить, что в течение этого времени комета двигалась по кругу и притом почти равномерно. Без чувствительной погрешности можно принять даже, что движение по кругу совершалось с половины сентября до половины октября. Понятно теперь, что частички, вышедшие в это время из кометы, по какому бы закону ни действовала на них сила солнечного оттолкновения, лишь бы только она была функцией одного расстояния, будут описывать относительно ядра и радиуса-вектора совершенно одинаковые кривые, ибо условия, при которых

они вышли и движутся, совершенно или почти совершенно одинаковы, при каком бы положении ядра они ни вышли.

Так, например, если возьмем точку, вышедшую в половине сентября, когда расстояние кометы было a , то эта точка через несколько дней, положим через десять, т. е. 25 сентября, удалится от ядра на расстояние d , которое составляет с радиусом-вектором угол e . Точка, вышедшая из ядра 30 сентября, оставит ядро, одушевленная той же силой, как и прежняя точка, ибо расстояние ядра от Солнца не изменилось, будет двигаться точно так же в пространстве, как и прежняя, и через 10 дней, т. е. 10 октября, расстояние ее от кометы и угол этого расстояния с радиусом-вектором будут соответственно d и e , ибо в эти десять дней комета осталась на том же расстоянии от Солнца и передвинулась по дуге на такое же пространство, как и в 10 дней, от 15 по 25 сентября.

Это справедливо, очевидно, для всякого закона как функции расстояния, кроме таких, при которых незначительные разности расстояний имеют заметное влияние на величины сил. Но закон, при котором бы входили в выражение силы такие высокие степени расстояния, предполагать нет никакой вероятности. Из предыдущего имеем право заключить, что если бы из положения рассмотренных нами частиц, определенного координатами d и e , мы стали выводить постоянную величину силы, то из обоих положений, как 25 сентября, так и 10 октября, получили бы две совершенно

одинаковые величины, какую бы произвольную функцию расстояния ни взяли для выражения закона силы. Такой путь не привел бы, следовательно, ни к познанию закона силы, ни к верному определению постоянного, если принятый закон неверен. Между тем Папе в исследованиях своих держался именно такого способа. Действительно, стоит взглянуть на ряд координат, взятых им для определения μ и $g \sin G$, чтобы убедиться, что они почти одинаковы для всего промежутка от 28 сентября по 8 октября. Это показывает, между прочим, как и нужно было ожидать при неизменном почти расстоянии ядра от Солнца, что кривые хвоста в различные дни наблюдений имели совершенно одинаковую фигуру и положение относительно радиуса-вектора и кометы. Такое постоянство кривой вместе с постоянством начального направления хвоста приводят нас к весьма важному заключению о том, что отталкивательная сила есть функция только или почти только расстояния частиц от Солнца.

Папе берет каждый раз по две точки на краю, потому что желает определить разом две постоянные величины; но от этого сущность нашего замечания о его способе нисколько не изменяется; дело только в том, что если закон силы неверен, то обе постоянные будут ложны. Мы сказали, что взятые Папе координаты почти одинаковы: если бы они были совершенно одинаковы и наблюдения более точны, тогда для величин μ и $g \sin G$ получилось бы еще большее согласие, чем то, которое оказалось на самом деле. Чтобы еще нагляд-

нее показать справедливость наших соображений, мы умышленно изменим формулу $\operatorname{tg} \varphi$ так, чтобы она относилась к какому-нибудь совершенно произвольному закону действия силы, и в таком виде приложим ее к наблюдениям Папе для определения μ и $g \sin G$. Для этого достаточно взять два наблюдения. Возьмем их для 1 октября и 8 октября, потому что эти наблюдения довольно далеко отстоят одно от другого и разности в величинах μ и $g \sin G$ даже при той формуле, которую Папе считает верною, заметнее других. Пусть формула для нашего произвольного закона выражается так:

$$\operatorname{tg} \varphi = g \cdot \sin G \cdot \left\{ \frac{r \sqrt{2}}{\sqrt{1 - \mu} \cdot \sqrt{\xi}} - \frac{4re \sin v}{3 \sqrt{p(1 - \mu)}} \right\} + \frac{2 \sqrt{2p} \sqrt{r} \cdot \sqrt{\xi}}{3 \sqrt{1 - \mu}}.$$

Видно, что это есть формула Бесселя, в которой последний член, гораздо больший первого и потому наиболее влияющий на результаты, относится к выражению силы $F = \frac{\mu}{r^5}$. Для октября 1 и 8, при помощи известных координат и величин $\lg r = 9,7629$ для 1 октября, $\lg r = 9,7839$ для 8 октября, получим, полагая

$$\sqrt{\frac{1}{1 - \mu}} = \alpha \text{ и } g \sin G = \beta:$$

Октября 1	. . . 9.69298 = β (0.30347 α - 8.72997 α^2) + 9.39713 α , 0.03110 = β (0.20302 α - 8.72997 α^2) + 9.59758 α ,
Октября 8	. . . 9.73507 = β (0.34830 α - 9.51009 α^2) + 9.48380 α , 0.00328 = β (0.23521 α - 9.51009 α^2) + 9.59689 α ,

где цифры суть логарифмы. Отсюда:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Октябрь } 1 \dots \alpha = 0.53795 - 8.74842\beta\alpha^2 \\ \text{» } 8 \dots \alpha = 0.55743 + 9.65768\beta\alpha^2 \end{array} \right\}$$

Первый член дает уже почти верную величину α при помощи которой определится β . Таким образом получим:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Октябрь } 1 \dots \mu = 0.084 \dots \beta = -0.058 \\ \text{» } 8 \dots \mu = 0.076 \dots \beta = -0.198 \end{array} \right\}$$

Сравнивая их с величинами Папе, 0,507 и 0,375, видим, что β осталось почти то же, а $1 - \mu$ очень изменилось, но согласие между этими μ больше, чем для величин, полученных Папе. Таким образом постоянство полученных Папе α и β вовсе не доказывает постоянства величины μ при законе квадратов расстояний и верности этого закона.

Другой путь для определения величины постоянной силы и, стало быть, для проверки закона состоит в определении ее при помощи точек, взятых в один и тот же момент времени на оси хвоста, на различных расстояниях от ядра.

Действительно, такие частицы, хотя и вышли при одинаковых условиях и с одинаковой силой из ядра, но прошли различные пространства, и если это различие значительно, то на относительное положение их в пространстве будет влиять вид закона силы. Следовательно, если из положения их выведем постоянные силы, то при неверном законе из различных точек получатся различные постоянные. Впрочем, такой

способ не может вести к решительным результатам потому, что разница в расстояниях точек должна быть значительна, для того чтобы разницу в определениях μ нельзя было бы приписать наблюдениям; а при значительном различии в расстояниях от ядра мы не имеем полного права считать приближенную формулу $\operatorname{tg} \varphi$ одинаково верною для различных расстояний, ибо с расстоянием ξ возрастает время τ и, следовательно, возрастает влияние членов, отброшенных с высшими степенями τ .

Однакоже, чтобы не оставить этого способа неисследованным и в то же время исследовать некоторые выводы Папе, мы приложим его к комете Донати. Для этого по наблюдаемым координатам различных точек краев хвоста, построим сечение его с плоскостью орбиты. Из наблюдений мы возьмем те, которые сделаны 9 октября, 1) потому, что от 9 до 12 октября плоскость сечения хвоста, перпендикулярная к линии зрения, была так близка к плоскости орбиты, что точки, представлявшиеся в это время на краях хвоста, можно смело считать лежащими в плоскости орбиты, а это избавляет от редуций, которые вообще только приближительны; 2) потому, что для 9-го числа кроме рисунка Папе¹ мы имеем рисунок, сделанный в Пулкове². Очерк хвоста, конечно, не мог измениться с 8 по 9-е число, да и Папе замечает, что кривая линия края

¹ «Astronomische Nachrichten» № 1174, fig. IV,

² O. S t r u v e, l. c., tab. I.

главного хвоста осталась та же, что была в прежние дни ¹.

Оба рисунка за исключением отделившихся от главного хвоста придаточных частей были нанесены на карту Аргеландера. Так как кривые хвостов несколько расходились между собою, то за очерк хвоста взята средняя между этими кривыми. Из карты взяты следующие координаты:

Координаты кометы для октября 9.3 суть:

$$\alpha = 224^{\circ}27';$$

$$\delta = 7 11$$

Ср. вр. Берлина октября 9.3

δ	Предыдущий край α	Последующий край α	δ	Предыдущий край α	Последующий край α
+ 9	227° .7	225° .8	24	238° .2	229° .0
10	229 .0	226 .4	28	240 .0	229 .0
12	231 .0	227 .1	32	241 .7	229 .0
14	232 .7	227 .6	36	243 .0	228 .9
16	234 .0	228 .0	40	244 .0	228 .8
18	235 .1	228 .3	44	245 .1	228 .5
20	236 .0	228 .7	48	245 .9	228 .2

$$P = 273^{\circ}30'; P' = 96^{\circ}45'; S = 32^{\circ}26'; u^{\circ} = 253^{\circ}10'$$

При помощи этих величин, по формулам (стр. 68), получатся следующие координаты в плоскости орбиты:

¹ «Astronomische Nachrichten» № 1174, p. 344—345.

Предыдущий край

p'	s	φ	ξ	η
60°18'	3°42'	5°20'	0.0381	0.0036
57 36	5 19	7 51	0.0535	0.0074
52 44	8 4	12 28	0.0777	0.0172
49 17	10 35	15 49	0.0984	0.0279
45 49	12 51	19 15	0.1153	0.0403
42 48	14 59	22 18	0.1303	0.0534
40 0	17 1	25 11	0.1435	0.0675
36 36	21 22	28 44	0.1729	0.0948
33 32	25 30	32 11	0.1989	0.1252
30 39	29 34	35 8	0.2244	0.1579
27 51	33 27	38 13	0.2473	0.1947
25 6	37 12	41 17	0.2690	0.2362
22 45	41 0	43 56	0.2925	0.2818
20 22	44 42	46 39	0.3159	0.3346

Последующий край

p'	s	φ	ξ	η
36°17'	2°15'	29° 5'	0.0194	0.0108
34 19	3 25	31 10	0.0285	0.0172
28 15	5 29	37 47	0.0414	0.0321
24 10	7 29	42 20	0.0523	0.0476
21 11	9 29	45 44	0.0622	0.0638
18 46	11 27	48 30	0.0712	0.0805
17 24	13 28	50 5	0.0811	0.0969
14 3	17 23	53 58	0.0967	0.1329
11 8	21 16	57 24	0.1103	0.1723
9 6	25 11	59 47	0.1246	0.2139
7 25	29 6	61 47	0.1391	0.2592
6 7	33 3	63 19	0.1552	0.3087
4 51	36 59	64 49	0.1714	0.3644
3 50	40 57	66 1	0.1901	0.4274

Для сравнения с этим хвостом построим хвост по формуле $\operatorname{tg} \varphi$. Вставляя в эту формулу величины r , r , e , $\sin v$ и $\alpha = 1,625$, $\beta = 0,149$, получим:

$$\eta = +0,1901 \sqrt{\xi} - 0,0774 \xi + 2,7890 \xi^{\frac{3}{2}}$$

для последующего края и

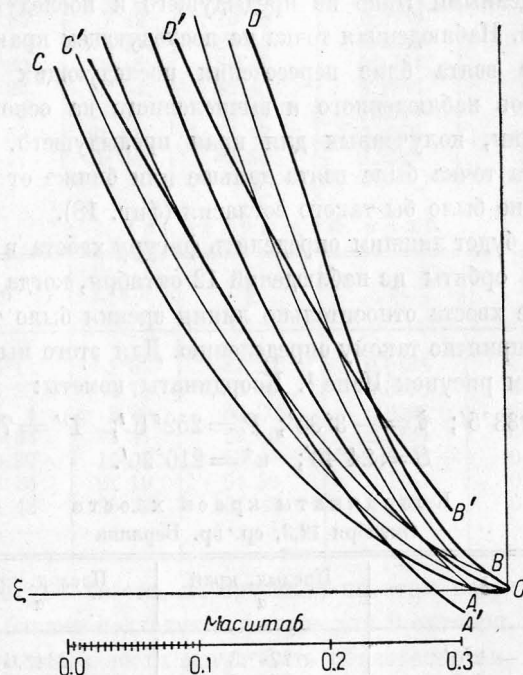
$$\eta = -0,1901 \sqrt{\xi} + 0,0774 \xi + 2,7890 \xi^{\frac{3}{2}}$$

для края предыдущего. Давая ξ различные величины, получим соответственные η , а именно:

ξ	Последующий край η	Предыдущий край η	ξ	Последующий край η	Предыдущий край η
0 04	0.0572	-0.0126	0.15	0.2239	+0.0999
0 05	0.0698	-0.0074	0.17	0.2606	0.1202
0 06	0.0830	-0.0010	0.19	0.2992	0.1628
0.07	0.0966	+0.0068	0.21	0.3391	0.1375
0 08	0.1107	+0.0155	0.23	0.3811	0.2343
0 09	0.1253	+0.0253	0.25	0.4240	0.2728
0.10	0.1406	+0.0358			

По этим системам координат построим хвосты вычисленный и наблюдаемый, означая первый буквами $A' B' C' D'$ и второй $ABCD$. Наблюдаемый хвост отличается несколько большим изогнутием, но главным образом размерами в различных расстояниях от головы. Что касается того, что предыдущие края обоих хвостов расходятся, то это обстоятельство не важно:

оно может быть уничтожено небольшим изменением числовых величин $g \sin G$ и $1 - \mu$. Но разность в расширении от ядра к концу не может быть уничтоже-



Фиг. 18.

на: с увеличением g хвост станет повсюду толще, а с уменьшением — повсюду тоньше. Изменение же μ , как видно по формуле, произведет только большее или меньшее отклонение оси хвоста от радиуса-вектора,

но не сделает ее более изогнутою и хвост более расширяющимся. Рисунки показывают, между прочим, откуда произошло согласие между величинами $g \sin G$, выведенными Папе из предыдущего и последующего краев. Наблюденная точка на последующем краю случайно взята близ пересечения последующих краев хвостов наблюденного и вычисленного на основании величин, полученных для края предыдущего. Если бы эта точка была взята дальше или ближе от ядра, то и не было бы такого согласия (фиг. 18).

Не будет лишним определить фигуру хвоста в плоскости орбиты из наблюдений 12 октября, когда положение хвоста относительно линии зрения было также благоприятно такому определению. Для этого мы употребим рисунок Папе¹. Координаты кометы:

$$\alpha = 233^{\circ}5'; \quad \delta = -3^{\circ}30'; \quad P = 252^{\circ}10'; \quad P' = 72^{\circ}21'; \\ S = 24^{\circ}46'; \quad u^{\circ} = 216^{\circ}20'.$$

Координаты краев хвоста
Октября 12,3, ср. вр. Берлина

δ	Предыд. край α	Послед. край α
- 2°0'	273° .3	234° .6
0 0	240 .5	235 .8
+ 4 0	244 .6	237 .5
+ 8 0	247 .5	239 .1
+12 0	250 .0	240 .7
+16 0	252 .3	242 .2
+20 0	254 .9	243 .2
+24 0	257 .2	....

¹ «Astronomische Nachrichten» № 1174, fig. V.

Предыдущий край

p	s	φ	ξ	η
68°29'	4° 5'	12°20'	0.0404	.0088
63 34	7 49	16 48	0.0739	.0223
56 4	12 31	23 40	0.1100	.0482
50 30	18 5	28 49	0.1484	.0816
46 23	22 34	32 40	0.1755	.1126
43 8	26 57	35 44	0.2005	.1443
40 58	31 31	37 47	0.2279	.1776
38 47	35 54	39 53	0.2528	.2113

Последующий край

p'	s	φ	ξ	η
36°14'	1°52'	42°20'	0.0138	0.0126
33 20	4 11	45 9	0.0290	0.0292
28 4	8 30	50 20	0.0520	0.0627
25 54	12 47	52 30	0.0734	0.0957
24 37	17 4	53 46	0.0942	0.1286
23 34	21 19	54 50	0.1141	0.1619
21 42	25 21	56 43	0.1292	0.4969
..

Фигура хвоста, начерченная по этим координатам, так близко подходит к фигуре для 9 октября, что небольшие разности могут быть объяснены тем, что комета в этот вечер по причине близости к горизонту была гораздо слабее предыдущих ночей, отчего и длина хвоста казалась короче.

Возьмем теперь ряд точек на оси хвоста 9 октября. Для нахождения этих точек начертим внутри хвоста

ряд кругов, прикасающихся к краям хвоста; центры этих кругов будут представлять точки на оси. Координаты их будут:

Октября 9,3, ср. вр. Берлина

ξ	η	$\lg \operatorname{tg} \varphi$	$1 - \mu$
0.100	0.067	9.8261	0.61
0.125	0.100	9.9031	0.53
0.150	0.143	9.9793	0.45
0.175	0.186	0.0265	0.42
0.200	0.235	0.0700	0.39
0.225	0.300	0.1249	0.34
0.250	0.336	0.1655	0.32

Ряд $1 - \mu$ вычислен по формуле:

$$1 - \mu = \frac{8}{9} \cdot \frac{p\xi}{r^2 \operatorname{tg}^2 \varphi}.$$

Итак, во всяком случае $1 - \mu$ уменьшается с удалением точек оси от ядра, происходит ли это от неверности закона, от погрешностей формулы, или оттого, что частицы встречают какое-нибудь сопротивление своему движению.

Как бы то ни было, отсюда видно, что прилагать формулу $\operatorname{tg} \varphi$ для определения μ и $g \sin G$ к различным точкам кривой края невозможно, или, по крайней мере, из сравнения полученной таким образом $g \sin G$ с величиною g из формулы (ϵ)¹ нельзя делать никаких основательных выводов. Кроме того, видно, что

¹ См. стр. 202.

закон квадратов, по крайней мере, не подтверждается таким путем.

Мы выше сказали, что огромного расширения хвоста в плоскости орбиты нельзя объяснить никакими величинами g . Другие явления, кроме того, заставили нас допустить, что хвост есть — по крайней мере, у кометы 1858 г. (V) — целая система коноидов, из которых каждый имеет свою постоянную величину силы при одинаковом, конечно, для всех коноидов законе ее действия. Это заключение о неравенстве силы для предыдущего и последующего краев согласно, между прочим, с исследованиями Пирса, который обнаружил только одни результаты¹.

Так как ширина хвоста кометы Донати в плоскости орбиты была почти вчетверо больше протяжения в плоскости, к ней перпендикулярной, то мы имеем возможность выделить два коноида из всей суммы их, составляющей хвост. Действительно, один из них своим предыдущим краем должен представлять предыдущий край всего хвоста; другой же последующим краем представлять последующий край всего хвоста. Если сечения коноидов суть круги при действии одной величины силы, то ширина наших коноидов в отдаленных частях хвоста должна равняться приблизительно четвертой части всей ширины хвоста. Итак, для получения этих коноидов (сечений их с плоскостью орбиты) разделим ширину конца хвоста на четыре части

¹ «Comptes Rendus», t. LI, № 5.

и через точки делений проведем кривые линии, которые представили бы последующий край предыдущего коноида и предшествующий край последующего. Первую линию должно сделать продолжением последующего очертания близкой к голове части хвоста, а вторую продолжением предшествующего очертания той же части. При проведении от руки этих кривых нужно, конечно, подражать искривлению соответственных краев всего хвоста. Ошибка при таком черчении будет немногим больше той, которую делаем при рисовании хвоста на карте. Когда отделим этим коноиды, то на осях их возьмем по несколько точек для определения величин наибольшей и наименьшей из отталкивательных сил, которым подвержены разнородные частицы хвоста. Необходимость подобного способа исследования составляет также одно из неудобств кометы Донати.

Сказанным путем получают координаты осей коноидов, а по ним и величины $1 - \mu$:

ϵ	η (предыдущий коноид)	η (последующий коноид)	$\lg \operatorname{tg} \varphi$ (предыдущий)	$\lg \operatorname{tg} \varphi$ (последующий)	$1 - \mu$ (предыдущий)	$1 - \mu$ (последующий)
0.100	0.045	0.114	9.6532	0.0569	1.34	0.21
0.125	0.065	0.173	9.7160	0.1411	1.24	0.18
0.150	0.093	0.244	9.7924	0.2113	1.06	0.15
0.175	0.120	0.317	9.8361	0.2580	1.01	0.14
0.200	0.150	—	9.8751	—	0.97	—

И тут опять видно уменьшение μ с удалением точек от ядра кометы. Это служит опять указанием на то, что закон квадратов расстояний и тут если не опровергается, то, по крайней мере, не подтверждается. Формулы для высших степеней расстояний в законе силы дают даже меньше разности $1 - \mu$; однако же мы тут должны воздержаться от избрания закона, наиболее удовлетворяющего наблюдениям, помня то, что было сказано вообще о таком способе определения постоянной величины силы.

Так как μ неодинаково для точек, различно отстоящих от ядра, то $g \sin G$, определенное по способу Пале, не может пользоваться, как мы заметили уже, большим доверием. Таким образом для определения g остается другой путь, именно формула

$$\epsilon = \frac{r^2 g^2}{2(1 - \mu)}.$$

Если даже закон силы неверен, величина силы остается постоянною в течение небольшого промежутка времени от выхода частички из ядра до достижения ею вершины хвоста. Ее можно считать даже постоянною при всяком законе для частей хвоста, очень близких к голове. Итак, для определения g можно вывести силу из начального направления оси хвоста и величину $1 - \mu$, таким образом определенную, вставить в уравнение ϵ . По определению Виннеке начальное направление хвоста составляло с радиусом-вектором угол $\varphi = 3^\circ 46'$ для точки оси, отстоящей от ядра

на 12' почти, для которой, следовательно, $\xi = 0,00237$. По этим данным для 5 октября, например, найдем $1 - \mu = 1,59$. Так как для этого числа радиус вершины туманности, относящейся к главному хвосту, был равен 17'', и по оценкам О. Струве доходил даже до 30'', то возьмем это последнее. ϵ , выраженное в единицах расстояния Солнца от Земли, будет $\epsilon = 0,0000849$ и отсюда $g = 0,0278$. Это g , вероятно, относится к предшествующему коноиду, ибо для меньшего $1 - \mu$, естественно, и оттолкновение кометы также меньше. Почти параболический вид головы кометы 5 октября позволяет приблизительно принять, что g постоянно для всех углов, так что $g \sin G$ для предыдущего края хвоста будет $g \sin 90^\circ = g = 0,0278$. Когда g известно, то можно употребить наблюдаемые Папе точки на краю хвоста для определения $1 - \mu$. Уравнения $\operatorname{tg} \varphi$ для координат этих точек будут ¹:

Сентября 28	$9.5724 = \beta (0.4329 \alpha + 8.8237 \alpha^2) + 9.7234 \alpha$
» 28	$9.9987 = \beta (0.2483 \alpha + 8.8237 \alpha^2) + 9.9079 \alpha$
Октября 1	$9.6930 = \beta (0.3035 \alpha + 8.7300 \alpha^2) + 9.7528 \alpha$
» 1	$0.0311 = \beta (0.2030 \alpha - 8.7300 \alpha^2) + 9.9532 \alpha$
» 2	$9.7978 = \beta (0.3534 \alpha - 8.9602 \alpha^2) + 9.8029 \alpha$
» 2	$0.0596 = \beta (0.2194 \alpha - 8.9602 \alpha^2) + 9.9369 \alpha$
» 4	$9.7000 = \beta (0.3433 \alpha - 9.2355 \alpha^2) + 9.8130 \alpha$
» 4	$9.9821 = \beta (0.2446 \alpha - 9.2355 \alpha^2) + 9.9117 \alpha$
» 5	$9.6438 = \beta (0.4047 \alpha - 9.3213 \alpha^2) + 9.7515 \alpha$
» 5	$0.0440 = \beta (0.2148 \alpha - 9.3213 \alpha^2) + 9.9414 \alpha$

¹ «Astronomische Nachrichten» № 1173, p. 339.

Октября 6	$9.5921 = \beta (0.3684 \alpha - 9.3943 \alpha^2) + 9.7878 \alpha$
» 6	$0.0129 = \beta (0.2155 \alpha - 9.3943 \alpha^2) + 9.9408 \alpha$
» 8	$9.7351 = \beta (0.3483 \alpha - 9.5101 \alpha^2) + 9.8080 \alpha$
» 8	$0.0033 = \beta (0.2352 \alpha - 9.5101 \alpha^2) + 9.9210 \alpha$

Все цифры в этих уравнениях суть логарифмы. По малости β положим его сначала равным нулю и полученное приближенное α вставим в скобки. От этого получим следующие уравнения, из которых и определим α , а по α и $1 - \mu$.

		$1 - \mu$
Сентября 28	$9.6311 = 9.7234 \alpha$	1.53
» 28	$0.0256 = 9.9079 \alpha$	0.58
Октября 1	$9.7330 = 9.9528 \alpha$	1.10
» 1	$0.0512 = 9.9532 \alpha$	0.64
» 2	$9.8371 = 9.8029 \alpha$	0.85
» 2	$0.0765 = 9.9369 \alpha$	0.53
» 4	$9.7400 = 9.8130 \alpha$	1.40
» 4	$0.0050 = 9.9117 \alpha$	0.65
» 5	$9.6919 = 9.7515 \alpha$	1.32
» 5	$0.0626 = 9.9414 \alpha$	0.57
» 6	$9.6330 = 9.7878 \alpha$	2.04
» 6	$0.0312 = 9.9408 \alpha$	0.66
» 8	$9.7703 = 9.8080 \alpha$	1.19
» 8	$0.0221 = 9.9210 \alpha$	0.63

Отсюда опять выходят прежние заключения относительно определения $1 - \mu$. Заслуживает внимания также то обстоятельство, что определенные тут $1 - \mu$ очень близки к $1 - \mu$, выведенным из точек оси предшествующего коноида, отстоящих от ядра

одинаково со взятыми только что точками предыдущего края хвоста. Это указывает на малость величины g , а также отчасти на справедливость наших воззрений на строение хвоста. Пирс также говорит, что из его исследований оказывается, что g для кометы Донати очень незначительно¹.

Нам остается еще рассмотреть изменение размеров туманности комет с изменением расстояния от Солнца. При законе квадратов расстояний наибольшее расстояние туманности от ядра на стороне, обращенной к Солнцу, выражается формулой

$$\varepsilon = \frac{r^2 g^2}{2(1 - \mu)}.$$

Следовательно, эти ε на различных расстояниях кометы от Солнца пропорциональны квадратам радиусов-векторов. Когда для кометы Донати возьмем такое отношение радиусов-векторов для 2 и 30 сентября и потом отношение вершинных радиусов туманной оболочки в обеих гипотезах (стр. 103), то получим $\frac{r^2}{r'^2} = 2,06$

и для первой гипотезы $\frac{\varepsilon}{\varepsilon'} = 4,0$, а для второй $\frac{\varepsilon}{\varepsilon'} = 7,3$ (стр. 104). Отсюда видно, что формула ни в той, ни в другой гипотезе не согласна с наблюдениями. Для закона четвертых степеней расстояний $\frac{\varepsilon}{\varepsilon'}$ должно рав-

¹ «Comptes Rendus», t. LI, № 5.

няться $\frac{r^4}{r'^4}$ (стр. 189), и, вставляя вместо r и r' их величины для 2 и 30 сентября, получим: $\frac{r^4}{r'^4} = 4,24$.

Таким образом видно, что закон четвертых степеней расстояний довольно удовлетворительно представляет наблюдения, по крайней мере, для первой гипотезы, между тем как при законе квадратов пришлось бы допустить, что с приближением ядра к Солнцу g значительно уменьшается, т. е. уменьшается отталкивательная сила ядра, что, конечно, невероятно, ибо при таком приближении к Солнцу именно развиваются и усиливаются истечения, стало быть, g скорее должно несколько увеличиться.

Однакоже и тут мы заметим только, что рассмотрение туманности не ведет к подтверждению принятого Бесселем закона квадратов расстояний, но не будем спешить выбором лучшего закона силы, и именно вот почему.

Формулы Бесселя независимо от закона, при котором будут выведены, могут быть приложены к определению размеров и приблизительно формы туманности только с того момента, когда туманность эта состоит из частиц, оттолкнутых кометой с некоторой силой в направлении к Солнцу, т. е. из частиц, отделившихся от ядра в виде истечения. До тех пор, пока не существует истечения, g мы должны считать нулем или бесконечно малым, и тогда формула дает ε , равное нулю. Это и значит, что она не приложима к определению

размеров туманности, которая, как известно, существует и до истечения. В комете Донати истечение началось именно с половины сентября и несколько позже образовало оболочку около ядра. К этим-то оболочкам, имеющим приблизительно вид параболоидов вращения с фокусом в ядре, уже может быть прилагается формула ϵ . Но при этих условиях мы имеем измерения для кометы Донати только тогда, когда уже радиус-вектор почти не изменился и ϵ должно было оставаться и действительно оставалось почти постоянным.



Из всего предыдущего видно, что закон действия силы, производящей явления хвоста, был принят гипотетически, но не был подтвержден наблюдениями. Та комета, к явлениям которой было сделано полнейшее приложение теории, по указанным нами причинам не могла служить к исследованию такого рода. Но так как закон действия силы имеет связь с физическим ее объяснением, то мы сочли нелишним обратиться, насколько позволили имеющиеся источники, к другим кометам, представляющим более удобств для соображений относительно этого вопроса.

Для этого надо избрать такие кометы, в которых хвост наблюдаем был при очень различных расстояниях ядра от Солнца. Если сила действует по закону квадратов расстояний, то $\operatorname{tg} \varphi$ для точек, приблизительно одинаково отстоящих от ядра, должен уменьшаться с

удалением кометы от Солнца и увеличиваться с приближением ее к Солнцу. Это уменьшение $\operatorname{tg} \varphi$ должно совершаться обратно пропорционально радиусам-векторам кометы, как видно по бесселевской формуле этого тангенса.

Брандес также доказывает, что при законе квадратов расстояний отставание хвоста от радиуса-вектора быстро возрастает к перихелию и после перихелия опять уменьшается¹. Если же в знаменатель выражения силы входит не квадрат, но более высокая степень расстояния, то $\operatorname{tg} \varphi$ будет с удалением от перихелия уменьшаться менее быстро, либо оставаться постоянным, либо даже возрастать.

Мы сказали, что для такого исследования нужно иметь удовлетворительные наблюдения хвостов при возможно разнящихся между собою расстояниях кометы от Солнца. К сожалению, материал для этого далеко нельзя назвать богатым отчасти по неточности наблюдений, а больше всего оттого, что редко положение кометы относительно Земли к Солнцу и продолжительность времени, в течение которого ее можно наблюдать, благоприятны для подобных изысканий.

Так, из 15 комет, наблюдения над хвостами которых рассматривает Брандес в своем сочинении², едва только три удовлетворяют, и то в различной степени,

¹ Brandes, Ueber die Gestalt der Kometenschweife... «Unterhaltungen für Freunde der Physik und Astronomie», Heft 11, p. 127, 1826.

² Ibid., p. 79—107; 114—117.

условиям исследования. Остальные же 12 должны быть совершенно оставлены в стороне по следующим причинам:

Комета 1456 г. (Галлея). Существует одно только наблюдение хвоста.

Комета 1472 г. Только два наблюдения; притом комета двигалась почти в плоскости эклиптики, так что редукции к плоскости орбиты сопровождаются огромными погрешностями.

Комета 1531 г. (Галлея). Имеется только одно наблюдение.

Комета 1580 г. То же самое.

Комета 1582 г. Только два наблюдения, и элементы орбиты не очень точны, потому что выведены только из трех наблюдений; погрешность элементов очень влияет на определение направления хвоста.

Комета 1590 г. Наблюдения сделаны в то время, когда Земля проходила через плоскость орбиты: редукции невозможны.

Комета 1596 г. Также была наблюдаема около времени прохождения Земли через плоскость орбиты; наблюдения притом до того плохи, что Брандес даже и не приводит их.

Комета 1607 г. (Галлея). Радиус-вектор во время наблюдений изменился не приметно, именно от 0,86 до 0,73; притом наблюдения плохи и наклонение орбиты к эклиптике небольшое.

Комета 1652 г. Радиус-вектор изменился еще меньше в течение времени немногих наблюдений.

Комета 1661 г. О ней Брандес говорит только следующее: «наблюдения этой кометы, которой хвост имел в длину всего один миллион миль и был неясно видим, так плохи, что лучше их оставить в стороне». Комета была очень удалена от Земли.

Комета 1664 г. Комета двигалась на очень далеком расстоянии от Солнца ($q = 1,026$), в орбите с небольшим наклонением, в течение наблюдений радиус-вектор изменился незначительно, кроме того, в начале наблюдений Земля проходила через плоскость орбиты, а в середине их мешало полнолуние, так что и наблюдения плохи, и редукции их неудобны.

Комета 1665 г. Хотя радиус-вектор во время наблюдений уменьшился вдвое и положение кометы было благоприятно, но наблюдения очень посредственны, что при малом отклонении хвоста, представлявшегося все время прямым, производит такие колебания в величине $1 - \mu$, что вывести из них невозможно ничего. Мы считаем, однакоже, нужным привести эти наблюдения. Для этой кометы $p = 0,213$.

	r	φ	Δ	$1 - \mu$
Апреля 6	0.683	$- 2^{\circ}.0$	0.14	невозможн.
» 7	0.656	$+ 3.4$	0.14	15.5
» 8	0.620	$+ 7.5$	0.14	3.5
» 11	0.552	$+ 10.9$	0.23	2.9
» 13	0.483	$+ 12.9$	0.24	2.9
» 15	0.419	$+ 8.0$	0.29	11.6
» 16	0.386	$+ 4.5$	0.26	53.2
» 18	0.318	$+ 3.5$	0.22	115.8

Наблюдение 6 апреля указывает не отставание хвоста, но наклонение его вперед относительно радиуса-вектора. Брандес замечает, впрочем, что наблюдения разных наблюдателей не согласны между собою. Что это наблюдение плохо, видно из несогласия с наблюдениями следующих двух дней. Обращая внимание на колебания φ , всего вероятнее считать его постоянным, ибо такие колебания вполне возможны при наблюдении хвостов. Исследование этой кометы главным образом неудобно потому, что при незначительной величине отклонения хвоста погрешности наблюдения, необходимо значительные при наблюдении хвостов, производят во много раз большие погрешности в величине силы.

Таким образом из комет, наблюдения которых приводит Брандес, можно подвергнуть исследованию только три, именно кометы 1577 г., 1618 г. (II) и 1811 г. (I). К этим кометам мы прибавим еще две кометы нынешнего столетия, именно комету 1844 г. (III) и комету 1853 г. (III), наблюдения над хвостами которых нам удалось добыть из доступных источников. Если припомним, каким условиям должны удовлетворять кометы для наших исследований, то, кажется, можно принять, что эти пять комет составляют большую и, может быть, значительно большую часть всего материала, разбор которого может вести к обсуждению занимающего нас вопроса.

Начнем в хронологическом порядке.

1. КОМЕТА 1577 г.

Комета эта была долгое время и тщательно наблюдаема знаменитым Тихо-Браге. Положение ее относительно Земли было вообще благоприятно, особенно в начале, когда линия зрения, проведенная к концу хвоста, составляла с плоскостью орбиты угол в 70° , а линия к голове — угол в 60° . У Брандеса мы находим углы φ для точек на оси хвоста и расстояния этих точек от ядра (Δ). Несколько приводимых им наблюдений на краях хвоста мы оставляем в стороне, ибо исследование их связано с исследованием g^1 . Рядом с величинами μ мы прилагаем аномалию кометы v . Для этой кометы $p = 0,355$.

		v	r	Δ	φ
Ноября	13	113° .3	0.6094	0.116	14° .5
»	15	116 .4	0.6614	0.254	24 .0
»	20	123 .0	0.7805	0.250	16 .0
»	21	123 .3	0.8047	0.250	14 .0
»	23	125 .0	0.8531	0.246	14 .0
»	25	126 .6	0.9025	0.250	12 .5
»	30	129 .9	1.0158	0.213	21 .2
Декабря	1	130 .4	1.0374	0.150	26 .5
»	2	130 .8	1.0558	0.150	33 .5
»	9	134 .0	1.2035	0.400	31 .0
»	10	134 .6	1.2240	0.222	21 .0
»	30	140 .5	1.6021	0.240	13 .5
Января	5	141 .7	1.7091	0.316	13 .8
»	12	142 .9	1.8162	0.100	23 .0

¹ Brandes, l. c., p. 80 85.

Величина Δ не везде одинакова, но средним числом она равна для обеих половин ряда определений, так что неравенства эти не могут иметь влияния на результаты. Уже при взгляде на φ видно, что, несмотря на увеличение r ровно втрое, угол этот не уменьшился, как следовало бы по формуле Бесселя. Еще очевиднее это будет, когда разделим ряд φ на две группы и в каждой из них возьмем арифметическую середину. При этом получим:

Средн. велич.

От ноября 13 до 30 $\varphi = 16^\circ.6$ с вероят. погр. $\pm 1^\circ.6$
 От декабря 1 до января 12 $\varphi = 23^\circ.2$ » » » $\pm 3^\circ.0$

Вероятная погрешность для второй группы больше, ибо и положение кометы относительно Земли, как мы говорили уже, было менее благоприятно. Отсюда видно, что даже некоторое возрастание угла φ с возрастанием r выходит из пределов вероятных погрешностей, так что, по крайней мере, можно утверждать смело, что этот угол отнюдь не уменьшился и, следовательно, наблюдениям хвоста удовлетворяет лучше закон, по крайней мере, четвертых степеней расстояний, для которого $\operatorname{tg} \varphi$ должен быть постоянным для всех r , как видно по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{\nu}} \cdot \sqrt{\xi}.$$

Если же приложим формулу закона квадратов расстояний, то увидим, что ν изменяется. Именно

для группы первой

$$r = 0,769; \Delta = 0,228; \nu = 1 - \mu = 1,55,$$

для группы второй

$$r = 1,333; \Delta = 0,224; \nu = 1 - \mu = 0,28.$$

Брандесу также показалось несогласным с теорией (при законе квадратов) увеличение φ , но он прибегает к искусственному объяснению¹, допуская, что большой светлый хвост получил в конце ноября большее отклонение от действия на его частицы слабого, очень отставшего, малого побочного хвоста, который Гемме удалось видеть в течение нескольких дней, начиная с 28 ноября. В комете Донати более значительный снопообразный придаток отделялся от главного хвоста, не изменяя положения кривой ее краев. В декабре и январе придаток не был видим Геммою, но отклонение φ не уменьшалось.

2. КОМЕТА 1618 Г.

Определение φ для этой кометы мы также заимствуем у Брандеса², который выводит их преимущественно из наблюдений Цизата, как самых многочисленных и самых тщательных.

Так как он дает иногда по несколько точек на оси, различно отстоящих от ядра, то мы условимся брать только те, расстояние которых заключается в пределах 0,100 и 0,250, потому что между этими пределами да-

¹ Brandes, l. c., p. 130—131; 85.

² Brandes, l. c., p. 89—100.

ются точки в те дни, в которые Брандес берет их по одной на всем хвосте. Притом ближе к голове и далее этих пределов от нее не так верно приложение формулы. Что касается до самих наблюдений, то некоторые из них, именно наблюдения Цизата 20 и 24 декабря, Брандес признает неудовлетворительными по причине неверного нанесения на карту звезд, окружавших хвост, и самой кометы¹. Кроме того, между 20 и 23 числом произошло по описанию Цизата огромное уменьшение хвоста, который с 23 числа опять возрос. 22 числа Цизат говорит², что «cauda cometae disparitura jam videtur», 21-го же он не дает рисунка, а только предлагает не совсем определенное описание положения хвоста, именно: 21 декабря «cauda pertingebat ad stellam R, ea extra radios ad boream relicta» (звезда по его значению есть δ Ursae Majoris)³. Вот почему наблюдения 20, 21, 22 и 24-го мы не можем употребить в дело. Что касается до уменьшения хвоста, то, вероятно, это зависело от состояния атмосферы, ибо при небольшой отталкивательной силе, действовавшей на частицы этой кометы, не могло произойти действительного возрастания хвоста в течение суток, с 22 по 23-е, на миллион миль с лишком, именно от 1 440 000 до 2 500 000.

Наблюдение 3 января резко отличается от других, но для него и Δ больше окружающих, и такое знач-

¹ Brandes, l. c., p. 97—98.

² «Mathem. etc. de cometa», 1618, p. 68.

³ Ibid., p. 68.

Для кометы 1618 г. $p = 0,779$

	v	r	φ	Δ
Ноября 30	81° 3	0.677	22° 8	0.210
Декабря 1	83 .1	0.698	23 .9	0.158
» 2	84 .9	0.715	36 .5	0.219
» 9	95 .9	0.864	20 .3	0.173
» 12	98 .9	0.922	23 .0	0.132
» 14	100 .2	0.948	30 .0	0.170
» 15	101 .1	0.964	26 .9	0.120
» 16	102 .7	0.998	23 .0	0.200
» 17	103 .0	1.005	25 .3	0.100
» 23	108 .1	0.130	21 .7	0.100
» 28	110 .9	1.210	25 .1	0.192
» 29	111 .4	1.228	21 .9	0.193
Января 3	114 .4	1.328	41 .6	0.235
» 7	116 .3	1.400	20 .0	0.125
» 12	118 .4	1.485	20 .0	0.150
» 16	119 .9	1.555	16 .0	0.150

тельное Δ даже удобно для того, чтобы величина этой координаты средним числом была одинакова в обеих половинах ряда определений. Из ряда φ трудно вывести какое-нибудь заключение кроме постоянства этого угла для различных r . Действительно, если разделим ряд φ на две группы и возьмем в каждой арифметическую середину, то получим:

От ноября 30 до декабря 17

$\varphi = 25^\circ.7$ с вероятн. погр. $\pm 1^\circ.6$.

От декабря 23 до января 16

$\varphi = 23^\circ.8$ с вероятн. погр. $\pm 3^\circ.1$.

Уменьшение угла, равное $1^\circ.9$, заключается внутри пределов вероятных погрешностей, т. е., другими словами, оно невероятно. Для первой группы $\Delta = 0,176$,

для второй $\Delta = 0,164$, а так как для отдельных дней разность между φ для $\Delta = 0,1$ и для $\Delta = 0,2$ доходит до 10° , то половина разности $1^\circ.9$ объясняется разностью величин Δ . Таким образом тут угол φ должно считать постоянным для различных r . Интересно еще следующим образом сделать сравнение между гипотезой постоянства $1 - \mu$ при законе квадратов расстояний и гипотезой постоянства угла, т. е. действие отталкивания обратно пропорционально четвертым степеням расстояний. Во-первых, вычислим из всех φ соответствующие величины $1 - \mu$ и возьмем арифметическую их середину, которая будет равна $0,60$. С этой величиной $1 - \mu$ вычислим обратно φ для каждого дня наблюдения и означим эти вычисленные φ через φ' .

Во-вторых, возьмем середину всех углов φ , которая будет $24^\circ.3$, середину всех Δ , равную $0,170$, и с помощью этих величин и r определим для всякого наблюдения $1 - \mu$, означая его через $1 - \mu_1$. Наконец, с этими $1 - \mu$, вычислим по данным Δ углы φ для всех наблюдений и означим их через φ_1 . Результаты этих вычислений представляются следующей таблицей:

	φ	φ_1	$1 - \mu$	φ_1	$\varphi - \varphi_1$	$\varphi - \varphi_1$
Ноября 30	22° 8	34° 3	1.16	26° 7	-11° 5	- 3° 9
Декабря 1	23 9	29 8	1.09	23 5	- 5 9	+ 0 4
» 2	36 5	31 6	1.04	25 6	+ 4 9	+ 10 9
» 9	20 3	26 1	0.71	24 7	- 5 8	- 4 4
» 12	23 0	21 6	0.62	21 7	+ 1 4	+ 1 3
» 14	30 0	23 0	0.59	23 7	+ 7 0	+ 6 3

	φ	φ_1	$1 - \mu$	φ_1	$\varphi - \varphi_1$	$\varphi - \varphi_1$
Декабря 15	26° 8	25° 7	0.57	26° 9	+ 1° 1	- 0° 1
» 16	23 0	17 7	0.53	19 1	+ 5 2	+ 3 9
» 17	25 3	23 9	0.52	25 9	+ 1 4	- 0 6
» 23	21 7	15 8	0.41	19 2	+ 5 9	+ 2 5
» 28	25 1	19 9	0.36	25 5	+ 5 2	- 0 4
» 29	21 9	19 9	0.35	25 8	- 2 0	- 3 9
Января 3	41 6	18 3	0.31	25 6	+ 23 3	+ 16 0
» 7	20 0	14 4	0.27	21 4	+ 5 6	- 1 4
» 12	20 0	13 3	0.24	20 9	+ 6 7	- 0 9
» 16	16 0	14 4	0.22	23 5	+ 1 6	- 7 5

По разностям видно, что вторая гипотеза вероятнее, ибо для нее разности удовлетворительнее как по своей сумме (с положительными знаками), так и по распределению их знаков. Наконец, для большей наглядности, возьмем средние величины φ , φ' , φ_1 , $1 - \mu_1$ для следующих групп:

	φ	φ'	φ_1	$1 - \mu_1$	$\varphi - \varphi_1$	$\varphi - \varphi_1$
От ноября 30 до декабря 14	26° 1	27° 7	24° 7	0.87	-1° 6	+1° 8
От декабря 15 до декабря 28	24 4	20 6	23 3	0.48	+3 8	+1 1
От декабря 29 до января 16	23 9	16 1	23 4	0.28	+7 8	+0 5

Из всего следует одно заключение, что закон четвертых степеней расстояний лучше удовлетворяет наблюдениям хвоста этой кометы.

3. КОМЕТА 1811 Г.

Для этой кометы наблюдения хвоста Брандес считает¹ лучше прежних, и так как они были сделаны подробнее, то он даже поправил положение оси по своему способу.

Для этой кометы $p = 2,0708$.

	v	r	Δ	φ
Сентября 10	2°54'	1.037	0.211	7°51'
» 18	5 9	1.041	0.101	8 1
Октября 11	36 5	1.143	0.290	10 26
Ноября 16	66 27	1.467	0.156	7 33
» 21	69 42	1.530	0.168	8 47
Декабря 6	77 44	1.705	0.159	4 18
» 9	79 17	1.756	0.145	3 56

Тут, к сожалению, мы имеем не слишком много наблюдений для того, чтобы с точностью исследовать закон действия силы. Отклонение от радиуса-вектора так невелико, даже для значительных расстояний от ядра, что обыкновенные при наблюдении хвостов погрешности составляют значительную долю самого φ и имеют, как уже заметили при комете 1665 г., огромное влияние на определение силы. С первого раза видно, что как будто бы закон квадратов расстояний представляет хорошо наблюдения, но если определим φ как для него, так и для четвертых степеней расстоя-

¹ Brandes, l. c., p. 115—117.

ний, то увидим, что оба закона одинаково хороши. Принимая для первого середину $1 - \mu = \nu = 11,0$ и для второго $\nu = 19,9$, получим соответственно следующие вычисленные φ' и φ_1 :

	φ	φ'	φ_1	$\varphi - \varphi'$	$\varphi - \varphi_1$
Сентября 10	7°51'	10°14'	7°55'	-2°23'	-0° 4'
» 18	8 1	7 5	5 30	+0 56	+2 31
Октября 11	10 26	10 48	9 13	-0 22	+1 13
Ноября 16	7 33	6 16	6 49	+1 17	+0 44
» 21	8 47	6 13	7 4	+2 34	+1 43
Декабря 6	4 18	5 28	6 55	-1 10	-1 37
» 9	3 56	5 4	6 36	-1 8	-2 40

Видно, что нет никакого основания предпочесть один закон другому. Оба хороши в пределах погрешностей наблюдений.

По случаю этой кометы, которой туманность имела наибольшие из всех комет размеры, и отталкивательная сила, как только что видели, была огромна, излишним считаем обратить внимание на скорость g .

По наблюдению Ольберса 14 сентября¹ расстояние от ядра до вершины оболочки было 6' 53'', или 44 000 миль.

Так как угол оси с линией зрения в это время был равен 40° ², то, сделав приведение в том предположении, что ядро, как описывает Ольберс, помещалось в

¹ «Monatliche Correspondenz», Bd. XXV, p. 6.

² Ibid., Bd. XXVI, Dec.

фокусе параболоида хвоста, получим $\varepsilon = 28\,300$ миль, или в единицах расстояния Солнца от Земли $E = 0,00137$. Принимая $1 - \mu = 11,0$ и $r = 1,0359$, получим по формуле $g^2 = \frac{2(1-\mu)\varepsilon}{r^2}$, $g = 0,168$, что составляет всего $0,015(1-\mu)$. Таким образом малость оттолкновения ядра относительно оттолкновения Солнца подтверждается и тут.

4. Комета 1844 г. (III).

Для положения хвоста этой кометы мы имеем углы положения начала его. Эти углы положения с соответственными углами положения Солнца взяты из «Mémoires de l'Académie de St. Petersburg», VII serie, t. II, № 1, p. 62. Наблюдения сделаны были на мысе Доброй Надежды как над хвостом, так и над ядром, и из них мы заимствуем координаты последнего¹, для 8. 5 ч. среднего времени Гринвича. Элементы кометы суть²:

$T = 1844$ дек. 18.6829 ср. вр. Гринвича

$\pi = 296^\circ 0'32''$
 $\Omega = 118\ 23\ 24$
 $i = 45\ 36\ 34$
 $\log q = 9.400123$

По этим элементам и наклонности эллиптики = $23^\circ 27'.6$ вычисляем (§ 4)
 $A = 3^\circ 1'.2$ и $D = 50^\circ 58'.6$

Движение прямое.

Разделяя углы φ на две группы, получим:

От декабря 30 по января 6 $\varphi = 11^\circ 4$, $r = 0,635$

» января 29 по февраля 1 $\varphi = 27^\circ 7'$, $r = 1,253$

¹ «Astronomische Nachrichten» № 537, 539.

² Ibid., № 540.

Ср. вр. Гринвича	p'	p''	$p'' - p'$	v	r
1844 декабря 30 35	112°30'	115°35'	+ 3°05'	96°57'.9	0.572
» 31.35	111 15	114 03	+ 2 48	99 0 9	0.596
1845 января 6.35	101 05	103 45	+ 2 40	108 32 9	0.737
» 29.35	94 24	81 13	-13 11	126 7 3	1.224
» 30.35	92 48	81 5	-11 43	126 34 8	1.244
» 31.35	90 53	80 59	-9 54	127 1 5	1.263
» 1.35	94 48	80 54	-13 54	127 27 4	1.282

и далее

α	δ	P	P'
313°26'.6	-43°12'.9	209°34'.2	145°10'.0
316 29 .2	-43 43 .9	207 57 .9	147 26 .6
335 25 .9	-44 48 .6	197 9 .5	160 35 .1
25 58 .2	-29 47 .6	165 41 .3	199 55 .3
27 15 .8	-29 0 .2	164 53 .7	201 13 .3
28 30 .8	-28 13 .5	164 07 .9	202 29 .9
29 40 .7	-27 27 .6	163 25 .2	203 42 .7

откуда

	S	$u'' - P'$	$u' - P'$	$u'' - u' = \varphi$
Декабря 30 . . .	283°34'.6	73°27'.9	62°9'.0	11°18'.9
» 31 . . .	282 56 .8	73 0 9	62 16 .6	10 44 .3
Января 6 . . .	278 43 .2	63 33 .2	54 55 .9	13 37 .3
» 29 . . .	263 16 .2	50 26 .8	19 5 1	31 21 .7
» 30 . . .	262 47 .7	49 9 4	21 13 0	27 56 4
» 31 . . .	262 20 3	47 58 3	23 53 4	24 4 9
Февраля 1 . . .	261 53 5	47 3 0	19 48 7	27 14 3

Тут оказывается из наблюдений, довольно согласных между собою, как видно по $u^\circ - u'$, что угол φ не только не уменьшается с увеличением радиуса-вектора, но, напротив, возрастает. Часть этого возрастания, конечно, происходит от того, что при наблюдениях второй группы комета была дальше от Земли, и следовательно, измерения относились к несколько дальнейшим точкам хвоста, считая от ядра; но это могло иметь очень небольшое влияние. Если обратить внимание на вероятные погрешности средних величин φ , то получим:

$$\begin{aligned} \text{Для первой группы } \varphi &= 11^\circ 4' \dots \pm 0^\circ 9' \\ \text{» второй группы } \varphi &= 27^\circ 7' \dots \pm 1^\circ 2' \end{aligned}$$

Заключения о возрастании отклонения с возрастанием r подтверждаются и здесь.

Тут нелишним будет привести наблюдения над вторым, направленным к Солнцу, хвостом этой кометы.

Наблюдения были произведены также на мысе Доброй Надежды и сообщены Меклиром¹. Вот углы положения северного края этой «предшествующей светлой материи»:

Января 29	301° 6'	Января 31	301° 47'
» 30	298 30	Февраля 1	305 0

Более других удовлетворительным наблюдатель признает определение 31 января, хотя и другие очень соглашаются с ним. Сделав приведение при помощи

¹ «Astronomische Nachrichten» № 539.

вышеприведенных величин, получим $u^\circ - n' = 41^\circ 2'$, или по нашему счету угла φ он равняется $221^\circ 2'$, т. е. аномальный хвост лежал в угле, составленном отрицательными частями осей $\xi\xi$ и $\eta\eta$.

5. КОМЕТА 1853 г. (III).

В течение времени наблюдений над этой кометой Земля проходила через плоскость ее орбиты, именно это прохождение случилось 13 августа. Вследствие этого, к сожалению, нужно отбросить наблюдения Удемана 9, 10 и 11 августа¹ и начальные наблюдения Шмидта, именно 23, 24, 25 августа, которые, хотя дальше отстоят от узла орбиты, чем наблюдения Удемана, но вследствие наклона орбиты к эклиптике дают в приведении погрешности наблюдения настолько же увеличенными, как тотчас увидим из сравнения величин $p' - p^\circ$ и $u' - u^\circ$ ². К тому же сам Шмидт приписывает этим наблюдениям вероятную погрешность большую, чем следующим за ними.

Элементы кометы суть³:

$$\begin{aligned} T &= 1853, \text{ ср. вр. Берлина сентября } 1^{\text{н}}.7497 \\ \pi &= 310^\circ 58' 30'' \\ \Omega &= 340 \ 31 \ 3 \\ i &= 61 \ 30 \ 46 \\ \lg q &= 9.48671 \end{aligned}$$

Движение прямо.

¹ «Astronomische Nachrichten» № 885.

² Ibid., № 883.

³ Ibid., № 875.

Ср. время Берлина—1853 г.	p'	\odot	$\lg R$	α	δ	p_0
Июня 29.46	110°.0	97°58'.6	0.00723	147°16'.2	41°29'.8	81° 8'.0
Июля 30.46	67.0	127 33.7	0.00642	159 47.0	36 48.8	62 57.8
Августа 2.45	76.6	130 25.6	0.00625	161 23.6	36 6.2	61 20.6
» 5.44	69.6	133 17.2	0.00606	163 3.7	35 18.1	59 51.1
» 6.43	66.3	134 14.2	0.00600	163 37.7	35 0.3	59 24.0
Августа 26.34	58.6	153 23.8	0.00429	173 57.2	21 17.0	61 15.7
» 28.34	60.3	155 19.8	0.00409	173 52.8	17 49.8	65 13.7
» 30.30	66.2	157 13.5	0.00389	173 11.4	13 41.9	72 25.4

	$p''-p'$	v	r	P	P'	S	$u''-P$	$u'-P'$
Июня 29	- 28°.9	- 126°35'.0	1.518	315°62'.2	132°26'.2	106°58'.1	202°25'.7	188° 3'.3
Июля 30	- 4.0	109 49.0	0.928	322 52.4	136 51.2	97 6.8	214 50.0	206 12.0
Августа 2	- 15.3	106 56.0	0.866	323 45.6	137 28.3	95 46.2	217 3.5	193 25.5
» 5	- 9.7	103 37.0	0.802	324 40.7	133 6.4	94 19.6	214 48.2	138 48.4
» 6	- 6.9	102 24.0	0.781	324 59.4	138 18.8	93 49.1	250 56.0	198 29.4
» 26	+ 2.7	46 44.0	0.364	329 55.9	138 38.8	77 22.7	276 3.9	263 55.7
» 28	+ 4.9	34 2.0	0.336	329 27.3	136 47.3	74 25.9	290 38.5	273 8.7
» 30	+ 6.2	19 43.0	0.316	328 26.0	133 57.7	71 14.0	307 45.3	292 58.5

где \odot означает долготу Солнца, а R — радиус-вектор Земли.

По этим элементам и наклонности экватора к эллиптике $23^{\circ}27'.5$ получим: $A = 37^{\circ}44'.2$; $D = +45^{\circ}2'.3$. Наблюдения, величины для редукции их и самые искомые величины $u''-u' = \varphi$ представляются следующим образом (см. табл. на стр. 252).

Из первых двух определений нельзя вывести ничего, потому что первое из них стоит совершенно уединенно; второе же так несогласно с целой группой следующих за ним и выведенных из нескольких наблюдений, что его с большой вероятностью можно считать ошибочным на несколько целых градусов, что может иногда случиться при наблюдениях. Следующие определения показывают уменьшение угла, между тем как радиус-вектор также уменьшился почти втрое. Во всяком случае, по большей мере, что можно вывести из всех определений — это постоянство угла φ при различных r , но отнюдь не уменьшение его с увеличением r .

Середина из всех определений Удемана = $18^{\circ}.6$ с вероятной погрешностью $\pm 3^{\circ}.1$.

Середина из всех определений Шмидта = $14^{\circ}.8$ с вероятной погрешностью $\pm 1^{\circ}.6$.

Отсюда получаем:

	φ		φ
Июня 29	14°.4	Августа 6	22°.4
» 30	8.6	» 26	12.1
Августа 2	23.6	» 28	17.5
» 5	24.0	» 30	14.8

так что разница заключается внутри вероятных погрешностей.

Исследования кометных хвостов показали нам, что их происхождение и развитие удовлетворительно объясняются действием на частички кометы, кроме обыкновенного притяжения, силы отталкивательной и что закон квадратов расстояний, принятый гипотетически для этой силы, наблюдениями не подтверждается; напротив, более вероятно, что все действие Солнца на вещество хвоста представляется выражением:

$$-\frac{1}{r^2} + \frac{\nu}{r^n},$$

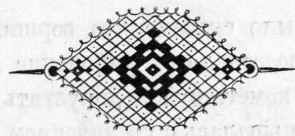
где n выше двух и кажется не ниже четырех*. Хотя для полного исследования нам предстоит еще рассмотреть туманности комет, но и здесь мы не можем не заметить, что проще всего такое быстрое уменьшение отталкивательной силы объясняется в гипотезе тяготеющего и, может быть, отчасти сопротивляющегося эфира. Простейшее выражение ускорения в этой гипотезе есть, независимо от знака,

$$\left(1 - \frac{d'}{d}\right) \frac{1}{r^2},$$

где d' — плотность эфира, а d — плотность частички

* В позднейших своих исследованиях Бредихин принимает, что отталкивательная сила Солнца, действующая на частицы комет, изменяется обратно пропорционально квадратам расстояний. *Прим. ред.*

хвоста. Если d' само есть функция r (что и принимается при объяснении ускорения кометных ядер), то весьма мало вероятности допустить, что и d изменяется именно так, что $\frac{d'}{d}$ остается постоянным на всех расстояниях частички от Солнца.



... (фрагменты текста, частично неразборчивы)

ПРИБАВЛЕНИЯ.

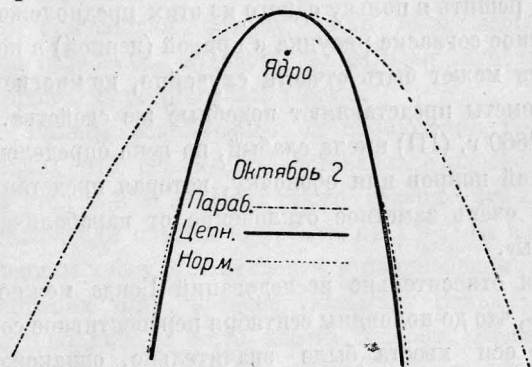
1.

На стр. 169 было сказано, что вершина хвоста кометы Донати представляла уклонение от параболы, так что для этой кометы нужно допустить, что скорость истечения g уменьшалась с увеличением угла G . К такому заключению привело меня рассмотрение рисунков кометы, преимущественно сделанных в Пулковской обсерватории.

Бонд¹ старался точно исследовать кривую очертания головы кометы Донати; для этого он воспользовался 123 рисунками, сделанными на 15 обсерваториях, в промежутке времени от 24 августа по 24 октября. Для сравнения различных рисунков между собой он покрывал их пластинками слюды, на которые и наносил кривые линии наружного очертания головы, оставляя в стороне ту нежную туманность, которая составляла «слабую оболочку» (стр. 55). Далее, эти чертежи были расположены по группам, приведены к одному масштабу и из всех групп была выведена одна нормальная

¹ G. P. Bond, «Astronomische Nachrichten» № 1339.

кривая для 2 октября, когда очерк головы мало отличался от сечения головы плоскостью, проходящей через ось хвоста и перпендикулярную к линии зрения, и когда перспективное сокращение было равно только одной тридцатой. Фиг. 19 представляет эту нормальную кривую, параболу с фокусом в ядре кометы и цепную линию, которая весьма незначительно отклоняется от нормальной.



Фиг. 19.

Для того чтобы объяснить такое уклонение от параболы, которая была выведена мною для постоянного g при всех углах G , он рассуждает так: «Можно предположить, что истечения из ядра ограничены узкой полосой, расположенной по линии, идущей от ядра к Солнцу, так что $\sin G$ имеет только небольшие величины; но это не соглашается с явлением оболочек в их начальном развитии. Можно также допустить, что g уменьшается с возрастанием $\sin G$: при этом произой-

дет сокращение очерка головы в требуемом направлении; наконец, влияние атмосферы, которая содержит в себе взвешенные частички, которые потом изгоняются солнечным оттолкновением, усложняет образование головы, очерк которой представляет сказанное сокращение размеров.

Внимательное изучение формы оболочек на различных ступенях их развития, может быть, даст возможность решить в пользу одного из этих предположений.

Полное согласие рисунка с кривой (цепной) в комете Донати может быть отчасти случайно, но многие другие кометы представляют подобные же свойства. Комета 1860 г. (III) имела слабый, но ясно определенный внешний покров или оболочку, которая представляла также очень заметное отклонение от параболической фигуры».

Хотя относительно исследований Бонда можно заметить, что до половины сентября перспективное сокращение оси хвоста было значительно, однако же из 123 рисунков, которыми он пользовался, только 8 относятся к этому времени и, следовательно, не имеют никакого влияния на результат, если даже в начале сентября голова имела несколько иное очертание, чем в последующее время.

2.

На стр. 61—62 было сказано, 1) что хвосты комет лежат в плоскостях кометных орбит или, по крайней мере, очень мало отклонены от этих плоскостей;

2) что хвосты (обыкновенные) всегда отстают от радиуса-вектора, или от линии, идущей через ядро и Солнце, и изогнуты в ту сторону, откуда движется комета.

Наблюдения над хвостом блестящей кометы 1861 г. привели некоторых астрономов к заключению, что хвост этот был значительно отклонен от плоскости орбиты и что ось его была искривлена в виде буквы S, так что ближайшая к ядру часть была изогнута согласно с теорией, но часть дальнейшая загибалась в ту сторону, куда двигалась комета.

Так, Вальц, основываясь на наблюдении Секки, утверждал, что ось хвоста составляла с плоскостью орбиты угол в $2^{\circ}47'$ ¹. Бонд также говорит, что хвост был отклонен от плоскости орбиты на $1^{\circ}9'$, но по его вычислениям хвост был отклонен в направлении, противоположном тому, которое указывает Вальц².

Папе³ по поводу этого хвоста говорит: «Кажется, он был изогнут в плоскости орбиты так, что отдаленнейшие части его прошли через плоскость эклиптики раньше, чем ядро». Таким образом он приписывает оси хвоста искривление, несогласное с теорией хвостов.

Прежде всего мы рассмотрим замечание Папе; такое искривление, которое он приписывает хвосту, представляет, конечно, самые важные затруднения теории обра-

¹ «Comptes Rendus» № 11, 17, 1861.

² Ibid., № 24.

³ «Astronomische Nachrichten» № 1316.

зования хвостов. Папе вывел свои заключения из рассмотрения рисунков хвоста, на которых хвост представлен вогнутым на предыдущей стороне (по истинному движению в пространстве) и выпуклым на стороне последующей. Таков, например, рисунок Секки¹, точно представляющий положение хвоста относительно звезд 2 июля в 11 час. вечера среднего времени Рима. На одной трети своей длины хвост проходил около звезды χ Draconis, конец же хвоста пролагался серединой своей на звезду α Orphiuchi. Этими звездами мы можем воспользоваться для определения координат точек оси хвоста относительно ядра и радиуса-вектора. Точка оси хвоста, имевшая одинаковое прямое восхождение с χ Draconis, отстояла от этой звезды по склонению на $2^{\circ}7'.0$ к северу. Так как для 2 июля 1861 г. координаты χ Draconis были $AR = 186^{\circ}53'.0$ и $Decl = 7^{\circ}33'.3$, то координаты сказанной точки оси хвоста суть:

$$\alpha = 186^{\circ}53'.5 \text{ и } \delta = 72^{\circ}43'.3.$$

Координаты оксечности оси хвоста одинаковы с координатами α Orphiuchi и поэтому суть:

$$\alpha = 262^{\circ}8'.1 \text{ и } \delta = 12^{\circ}39'.8.$$

Эти координаты имеют место для 11 ч. 0 м. среднего времени Рима или для 10 ч. 10 м. среднего времени Гринвича.

¹ «Comptes Rendus» № 24, 1861.

Соответственные координаты ядра кометы вычислим при помощи элементов Ауверса, которые суть:

$$\left. \begin{aligned} T &= 1861 \text{ г. июня } 11.55081 \text{ ср. вр. Гринвича} \\ i &= 85^{\circ}28'52''.1 \\ \Omega &= 278 \ 58 \ 8.7 \\ \pi &= 249 \ 7 \ 20.6 \end{aligned} \right\} \text{ Ср. равнод. } 1861.0$$

$$\lg q = 9,9150472$$

$$\lg e = 9,9949560$$

Движение прямое.

Прямое восхождение и склонение ядра будут:

$$\alpha = 127^{\circ}16'43''.0 \text{ и } \delta = 62^{\circ}14'53''.8.$$

По этим же элементам и наклонности эклиптики к экватору

$$\epsilon = 23^{\circ}27'28''.5$$

найдем (стр. 84):

$$A = 190^{\circ}1'.6 \text{ и } D = 0^{\circ}35'.5.$$

Так как для этого времени

$$\alpha_{\odot} = 101^{\circ}52'7''.1 \text{ и } \delta_{\odot} = 23^{\circ}0'32''.8$$

то по формулам (стр. 84—86) найдем:

для ближайшей к ядру точки $\varphi = 9^{\circ}4'.3$, $\Delta = 0,0740$
 для отдаленнейшей точки $\varphi = 16^{\circ}42'.2$, $\Delta = 0,2020$.

Из этого видно, что ненормальное искривление хвоста было только кажущееся: дальнейшая от головы часть хвоста отстала от продолженного радиуса-вектора

более, чем часть ближайшая. Такое искажение фигуры производят в большей или меньшей степени различные роды проекций небесных карт. Действительно, когда нанесем хвост на глобус, тогда ненормальное искривление исчезнет.

По всей вероятности, так же объясняется ненормальное искривление оконечности длинного хвоста кометы 1769 г., которое замечается на рисунках этой кометы, сделанных Pingré и La Nux¹. К сожалению, у меня нет под руками этих рисунков, а потому я и не могу подвергнуть их вычислению.

Если определим при помощи α Draconis координаты близкой к оконечности точки на оси второго хвоста кометы 1861 г. на основании вышеупомянутого рисунка Секки, то получим для этой точки:

$$\alpha = 186^{\circ}53'.5 \text{ и } \delta = 67^{\circ}39'.3$$

и отсюда получим для этого хвоста $\varphi = 24^{\circ}52'.2$ и $\Delta = 0,0856$; хвост этот, как видно, был значительно более отклонен от продолженного радиуса-вектора, чем хвост длинный.

Второй хвост находился с правой стороны первого хвоста до времени прохождения Земли через плоскость кометной орбиты; так рисует его, например, Ellery 20 июня². После прохождения Земли через плоскость

¹ Mädler, Pop. Astr., p. 333.

² «Comptes Rendus» № 24, 1861.

орбиты он представлялся с левой стороны первого хвоста, как видели его наблюдатели в Европе в первых числах июля, начиная со 2 числа. Во время же самого прохождения и близко к нему он должен был пролагаться и, действительно, пролагался на первый хвост, так что комета представлялась с одним хвостом, который был очень широк в ближайшей к голове трети и потом тянулся далее сравнительно узкой полосой. Это расширение являлось оттого, что второй хвост был действительно шире первого и концом своим был близок к Земле.

Будучи слабо видим под широтами средней Европы, он вначале с трудом был отделяем от тонкого хвоста и таким образом только искажал правильность очертаний последнего. Так, Литтров распознал его только 4 июля и говорит¹, что в том месте, где прямолинейный край тонкого хвоста пересекался выпуклым краем широкого, замечался как бы входящий угол, который при поверхностном наблюдении представлялся вогнутостью на предыдущем (по истинному движению) краю тонкого хвоста. Вот откуда замечания о том, что хвост кометы 1861 г. имел перегиб на одной трети своей длины, считая от ядра, и напоминал фигурой букву S. Что касается отклонения хвоста от плоскости орбиты, то оно не было бы подвержено сомнению, если бы хвост был наблюдаем в момент прохождения Земли через плоскость орбиты, и при этом ось его отклонялась

¹ «Comptes Rendus» № 24, 1861.

бы от большого круга, проходящего через комету и Солнце. Но для этого времени мы не имеем наблюдений, а заключения свои Бонд выводит из наблюдения Секки, сделанного 30 июня в 11 ч. 30 м. среднего времени Рима, а прохождение случилось (по элементам Ауверса) 30 июня в 10 ч. 22 м. 24,7 с. среднего времени Рима. Так как хвост не совпадал с радиусом-вектором, но был отклонен от него, то через час после прохождения, особенно при быстром относительном движении кометы и Земли, хвост не должен был пролагаться на большой круг, идущий через комету и Солнце, и действительно, на рисунке Секки¹ он представляет отклонение от того круга в надлежащую сторону. Отклонение это меньше для тонкого хвоста и больше для хвоста широкого, что опять объясняется тем, что широкий хвост был сильнее отклонен от радиуса-вектора.

Величина отклонения, которую вывел Вальц, заключала в себе погрешность вычисления, которую и указал ему Фай². По исправлении этой ошибки получается отклонение, совершенно согласное с тем, которое нашел Бонд. Хотя Вальц и приводит положение хвоста к моменту прохождения Земли через плоскость орбиты, но он основывается на описании Секки, в котором говорится, что Полярная звезда находилась на середине хвоста³ около 11.5 час., меж тем как на рисунке, относящемся к этому самому моменту, Поляр-

¹ «Comptes Rendus» № 24, 1861.

² Ibid.

³ «Astronomische Nachrichten» № 1316.

ная очень приметно не совпадает с серединой хвоста. Таким образом видно, что определения Бонда и Вальца вовсе не убедительны.

Напротив, сравнивая довольно значительное отклонение хвостов от радиуса-вектора с небольшим отклонением от большого круга комета — Солнце во время, близкое к прохождению Земли через плоскость орбиты, приходим к заключению, что если хвост и не совпадал с плоскостью орбиты, то был очень близок к ней.

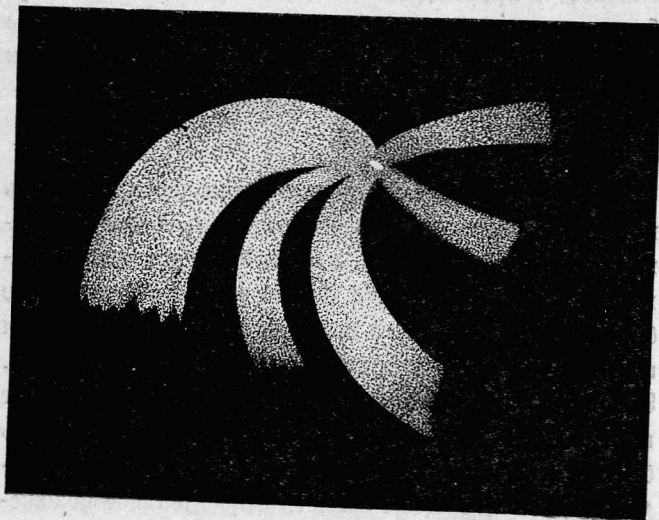
3.

Около времени прохождения Земли через плоскость кометной орбиты направление второго, более отставшего от радиуса-вектора, хвоста было довольно близко к линии, соединявшей Землю с кометой, так что в близкие к прохождению моменты ядро и его истечения представлялись по направлению оси короткого хвоста. Этим объясняется тот замечательный вид, который имеет комета на рисунке Б. Я. Швейцера (фиг. 20), очень близком по времени к моменту указанного прохождения. Для того чтобы вывести относительное положение кометы, Земли и хвоста в момент прохождения, мы опять употребим вышеприведенные элементы кометной орбиты. По элементам время прохождения случилось, как мы говорим уже, 30 июня в 9 ч. 32 м. 30 с. среднего времени Гринвича.

Если означим радиус-вектор земли через R , радиус-вектор кометы через r , расстояние от кометы до

земли — ρ и угол r с линией узлов α , то будет $\lg R = 0,0072232$; $\lg r = 9,9517336$; $\alpha = 3^{\circ}19'25''.8$ и $\rho = 0,1339$.

Из треугольника (комета, Земля, Солнце) легко получим угол ρ с продолжением радиуса-вектора ко-

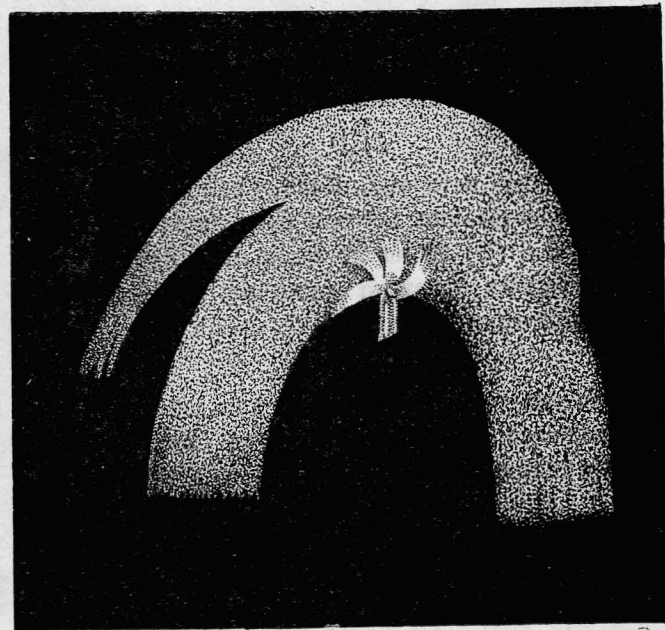


Фиг. 20.

меты. Этот угол будет $26^{\circ}7'.0$, а угол оси короткого хвоста для точки оси, отстоящей от ядра на $\Delta = 0,085,6$, равен $24^{\circ}52'.0$.

В момент прохождения Земли через плоскость орбиты истечение из ядра происходило на отвлращенной

от Земли стороне ядра, и потоки его, загибавшиеся в хвост, казались нам выходящими из ядра по различным направлениям, что и замечается на фиг. 20.



Фиг. 21.

При быстром относительном движении кометы и Земли через сутки после прохождения угол линии зрения с осями хвостов уже значительно увеличился, отчего и истечения представились в другом виде (фиг. 21).

ПОЛОЖЕНИЯ.

I

Способ, по которому Пале приложил теоретические исследования Бесселя к наблюдениям хвоста кометы 1858 (V) не может вести ни к проверке принятого закона действия силы, ни к определению постоянной ее величины.

II

Закон квадратов расстояний для действия силы, производящей явления хвостов, не подтверждается наблюдениями.

III

В исследованиях своих Рош оставляет без внимания один из важнейших моментов в развитии хвоста. Его формулы неприменимы к тому случаю, когда ядро действует отталкивающим образом на материю хвоста.

IV

Явления хвостов удовлетворительно объясняются при допущении около Солнца тяготеющей к нему и отчасти сопротивляющейся среды, плотность которой увеличивается с приближением к Солнцу.

V

Вопрос об условиях существования междупланетной среды, которой некоторые свойства указываются движением комет и явлениями хвостов, требует теоретического исследования.

VI

Колебательные движения ядра и истечения, служащие главнейшим аргументом в пользу полярной силы Бесселя, имеют весьма слабую опору в наблюдениях.

VII

При вычислении действия междупланетной среды на ядро, нужно исследовать влияние радиальной силы, происходящей вследствие тяготения среды к Солнцу.

VIII

Предложенное Ольберсом разделение комет на три рода не может быть принято: одна и та же комета на различных расстояниях от Солнца может последовательно принадлежать ко всем трем родам.

IX

Хвост кометы 1858 (V) был собственно система многих хвостов, расположенных в плоскости орбиты наподобие веера.

X

Отталкивательная сила кометного ядра очень мала сравнительно с отталкивательной силой, действующей в направлении от Солнца.

СПИСОК НАУЧНЫХ И ЛИТЕРАТУРНЫХ ТРУДОВ
Ф. А. БРЕДИХИНА.

ОБЪЯСНЕНИЕ ФИГУР.

- Фиг. 1. Голова кометы 1744 г., февраля 8/19, при полном развитии истечения (Гейнзвус).
- Фиг. 2. Голова кометы 1811 г., сентября 14 (Ольберс).
- Фиг. 3. Голова кометы 1858 г. (V), октября 9 (Винники).
- Фиг. 4. Голова кометы 1864 г. (II), срисованная мною 2 июля при помощи кометоскаталя. В трубе с сильным увеличением близкая к ядру часть состояла из пучков отдельных.
- Фиг. 5. Голова и хвост кометы Галлея (1835) до появления истечения.
- Рисунок В. Струве. 29 сентября 1834 г.
- Фиг. 16 и 17. Кривые, представляющие распределение света в хвосте кометы от оси (a, a') до края. Абсциссы этих кривых представляют расстояние от оси; а ординаты — напряженность света при условиях относительно строения хвоста, изложенных в § 14.
- Фиг. 18. Сечение хвоста кометы 1858 г. (V), октября 9, плоскостью кометной орбиты.
 $ABCD$ — хвост наблюдаемый; $A'B'C'D'$ — вычисленный при помощи постоянных величин, выведенных Папе (§ 15).
- Фиг. 20 и 21 представляют ядро и окружающие его части кометы 1861 г., июня 30 (нов. ст.), июля 1.
- Рисунки сделаны Б. Я. Швейцером при помощи большого рефрактора Московской университетской обсерватории. Увеличения были употреблены самые слабые, т. е. 80 и 120. Дальнейшие от ядра части не выдерживали даже и этих увеличений, потому что свет кометы был очень ослаблен сумерками; так на фиг. 4, которая срисована при помощи кометоскаталя.

СОКРАЩЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ИЗДАНИЙ:

- «A. N.» — «Die Astronomische Nachrichten».
 «A. O. M.» — «Annales de l'observatoire de Moscou».
 «Bull. de l'Acad.» — «Bulletin de l'Académie des Sciences de Pétersbourg».
 «Mél. M. A.» — «Mélanges mathématiques et astronomiques tirés du Bull. de l'Acad.».
 «M. S. I.» — «Memorie della Societa degli spettroscopisti Italiani».
 «И. А. Н.» — «Известия Академии наук».
 «Изв. О. И. П.» — «Известия Общества испытателей природы».

1. Quelques mots sur les queues des comètes, 1861, «A. N.», 1291.
2. Sur la direction des queues des comètes de 1844, III et de 1853, III, «A. N.», 1305, 1306, 1861.
3. О хвостах комет (магистерская диссертация), 1862.
4. Возмущения комет, происходящие от сопротивления эфира, 1863.
5. Возмущения комет, не зависящие от планетных притяжений (докторская диссертация), 1864.
6. Излияния вещества из ядра большой кометы 1862 г., 1864.
7. Колебания кометного ядра, «Московск. математ. сборник», т. II, 1867.
8. Sur la comète de 1861, II, «A. N.», Bd. LV, S. 335, 1869.
9. Прошедшее и настоящее тел солнечной системы, преимущественно Земли, журнал «Беседа», 1871.
10. Публичные лекции по астрономии, журнал «Природа», 1871.
11. Падающие звезды, «Моск. унив. изв.», 1871.
12. Перевод трагедии «Виргиния» Альфлера, «Вестник Европы» № 7, 1871.
13. Несколько слов по поводу новой теории г. Любимова, «Московск. математ. сборник», т. VI, 1872.

14. Кометы, журнал «Русский вестник», 1872.
15. Beobachtungen der Flora (8) auf der Moskaner Universitäts-Sternwarte, «A. N.», Bd. 83, S. 173, 1873.
16. Osservazioni spettroscopiche del Sole fatte nell'estate 1872, «M. S. I.», Vol. II, 1873.
17. Spettro della Comete Coggia, «M. S. I.», Vol. III, 1874.
18. Beobachtungen von Kometen, «A. N.», Bd. 85, S. 10, 366, 383, 1874; Bd. 86, S. 9, 1875; Bd. 96, S. 41, 1879.
19. Observations sur le Jupiter, «A. O. M.», т. II, p. 1, 1875.
20. Osservazioni spettroscopiche del sole fatte nel 1874, «M. S. I.», Vol. IV, 1875; nel 1875, «M. S. I.», Vol. V, 1876.
21. Spectre des Nébuleuses, «M. S. I.», Vol. IV, 1875.
22. Observations faites au cercle méridien, «A. O. M.», т. I, 1873; т. IV, 1878.
23. Étoiles filantes du mois d'août 1874, «A. O. M.», т. II, 1873.
24. Mesures micrométriques de la déclinaison de Junon, «A. O. M.», т. II, 1875.
25. Observations spectroscopiques du Soleil faites en 1874, «A. O. M.», т. II, 1875.
26. Observations astronomiques et physiques sur la comète de 1874, III, «A. O. M.», т. II, 1875.
27. Messungen von Declinationsdifferenzen zwischen Juno und in der Nähe liegenden Sternen, «A. N.», Bd. 85, 1875.
28. Observations spectroscopiques du Soleil en 1875, «A. O. M.», т. II, 1876.
29. Observations de la comète d'Encke, «A. O. M.», т. II, 1876.
30. Observations sur le Jupiter, «A. O. M.», т. II, p. 2, 1876.
31. Spectre des Nébuleuses, «A. O. M.», т. II, p. 2, 1876.
32. Observations de Mars en opposition, «A. O. M.», т. II, 1876.
33. Sur l'équation personnelle absolue, «A. O. M.», т. II, 1876.
34. Étoiles filantes du mois d'août 1875, «A. O. M.», т. II, 1876.
35. Inégalités de la vis micrométrique du grand réfracteur, «A. O. M.», т. II, 1876.
36. Observations des Nébuleuses, «A. O. M.», т. II, 1876.

37. Sur la queue anormale de la comète de 1862, III, «A. N.», Bd. 87, 1876.
38. Sur la queue de la comète 1874, «A. N.», Bd. 88, 1876.
39. Sur la queue normale de la comète de 1862, II, «A. N.», Bd. 88, 1876.
40. Спектральные линии планетных туманностей, «Математ. сборн.», т. VI, 1876.
41. Sur les formes anormales dans le développement des comètes, «A. O. M.», т. III, 1877.
42. Sur la queue de la comète de 1874, «A. O. M.», т. III, 1877.
43. Sur la parallaxe de l'étoile nébuleuse H. IV, 37, «A. O. M.», т. III, 1877.
44. Observations spectroscopiques du Soleil en 1876, «A. O. M.», т. III, 1877.
45. Spectre des Nébuleuses planétaires, «A. O. M.», т. III, 1877.
46. Observations de Jupiter en 1876, «A. O. M.», т. III, 1877.
47. Mesures micrométriques de quelques groupes d'étoiles, «A. O. M.», т. III, 1877.
48. Sur la queue de la comète 1862, II, «A. N.», Bd. 89, 1877.
49. Sur les formes anormales dans le développement de comètes. Comète de 1861, «A. O. M.», т. IV, 1878.
50. Spectre de la comète de 1874, b, «A. O. M.», т. IV, 1878.
51. Observations de Mars en opposition de 1877, «A. O. M.», т. IV, 1878.
52. Mesures micrométriques du groupe de Persée, «A. O. M.», т. IV, 1878.
53. Observations de la comète de 1877, b, «A. O. M.», т. IV, 1878.
54. Observations de la comète de 1877, c, «A. O. M.», т. IV, 1878.
55. Observations de Jupiter en 1877, «A. O. M.», т. IV, 1878.
56. Observations spectroscopiques du Soleil en 1877, «A. O. M.», т. IV, 1878.
57. Sur la comète de 1877, b, «A. O. M.», т. V, 1878.
58. Sur la queue de la comète de 1860, III, «A. O. M.», т. V, 1878.
59. Sur l'éclipse totale de la Lune du 23 août 1877, «A. O. M.», т. IV, 1878.

60. Sur la comète de Halley (1835), «A. O. M.», т. V, 1878.
61. Remarque générale sur les comètes, «A. O. M.», т. V, 1878.
62. Sur la force qui produit les queues des comètes, «A. N.», Bd. 93, 1878.
63. Sur les queues des comètes, «Mél. M. A.», т. V, 5/17, septembre 1878.
64. Remarques générales sur les comètes, «A. O. M.», т. V, стр. 2, 1879.
65. Recherches sur les queues des comètes, «A. O. M.», т. V, 1879.
66. Sur la constitution probable des queues des comètes, «A. O. M.», т. V, 1879.
67. Observations de Jupiter en 1878, «A. O. M.», т. V, 1879.
68. Observations spectroscopique du Soleil en 1878, «A. O. M.», т. V, 1879.
69. Mesures micrométriques d'Algol, «A. O. M.», т. V, 1879.
70. Recherches sur les queues des comètes, «A. O. M.», т. VI, стр. 1, 1879.
71. Observations de la comète de Brorsen, «A. O. M.», т. VI, 1879.
72. Sur la constitution des comètes, «A. O. M.», т. VI, 1879.
73. Positions de la comète de 1858 V, «A. O. M.», т. VI, 1879.
74. Mouvement de la matière cométaire sur une hyperbole convexe vers le Soleil, «A. N.», Bd. 94, 1879.
75. Spectroskopische Beobachtungen von Kometen, «A. N.» Bd. 95, Bd. 98, Bd. 102.
76. Sur la constitution probable des queues des comètes, «A. N.» Bd. 95, 1879.
77. Ueber den rothen Fleck auf Jupiter, «A. N.», Bd. 95, 1879.
78. Sur la résistance de l'éther produite par le mouvement de translation du système solaire, «A. O. M.», т. V, p. 2, 1880.
79. Observations spectroscopiques du Soleil, «A. O. M.», т. VI, 1880.
80. Observations de Jupiter en 1879, «A. O. M.», т. VI, 1880.
81. Recherches sur les queues des comètes, «A. O. M.», т. VII, стр. 1, 1880.
82. Sur la constitution de Jupiter, «A. N.», Bd. 99, 1880.

83. Suppléments à mes recherches sur les queues des comètes, «A. O. M.», т. VII, стр. 2, 1881.
84. Observations spectroscopiques de Soleil en 1880, «A. O. M.», т. VII, 1882.
85. Observations de quelques comètes, «A. O. M.», т. VII, 1881.
86. Observations de Jupiter en 1880, «A. O. M.», т. VII, 1881.
87. Observations de la comète de 1861, II, «A. O. M.», т. VII, 1881.
88. Sur la comète de 1825, IV, «M. S. I.», т. X, 1881.
89. Sur les queues des comètes 1881 b et c, «M. S. I.», т. X, 1881.
90. Expériences faites avec la pendule à réversion, «A. O. M.», т. VIII, 1882.
91. Recherches sur les comètes de 1881 b et c et de 1825, IV, «A. O. M.», т. VIII, 1882.
92. Observations spectroscopiques du Soleil en 1872 et 1873, «A. O. M.», т. VIII, 1882.
93. Sur les queues des comètes 1881, III et IV, «A. N.», Bd. 101, 1883.
94. Sur la grande comète de 1882, «M. S. I.», т. XII, 1883.
95. Recherches sur la grande comète de 1882, «M. S. I.», т. XII, 1883.
96. Note sur la queue du I type de la comète 1882, «M. S. I.», т. XII, 1883.
97. Les ondes cosmiques dans la comète 1882, «M. S. I.», т. XII, 1883.
98. Recherches sur la comète de 1882 a, «A. O. M.», т. IX, 1883.
99. Note sur la pendule à réversion, «A. O. M.», т. IX, 1883.
100. Th. Bredichin et A. Belopolsky, Observations spectrales du Soleil en 1881, «A. O. M.», т. IX, 1883.
101. Recherches sur la grande comète de 1882, II, «A. O. M.», т. IX, 1883.
102. Observations de Jupiter en 1881—1882, «A. O. M.», т. IX, 1885.
103. Observations de quelques comètes, «A. O. M.», т. IX, 1883.
104. Sur la grande comète de septembre 1882, II, «A. N.», Bd. 105, 1883.

105. Sur la queue du premier type de la comète de 1882, II, «A. N.», Bd. 106, 1883.
106. Les ondes cosmiques dans la comète 1882, II, «A. N.», Bd. 106, 1883; Bd. 108, 1884.
107. Calcul des éphémérides des queues cométaires, «A. N.», Bd. 107, 1883.
108. Sur quelques anomalies apparentes dans les queues cométaires, «A. N.», Bd. 107, 1883.
109. Sur la grande comète de 1882, II, «Изв. О. И. П.», 1883.
110. Sur quelques anomalies apparentes dans la structure des queues cométaires, «Изв. О. И. П.», 1883.
111. Supplément à l'histoire de l'hypothèse des ondes cosmiques composées pour l'explication des formes cométaires, «Изв. О. И. П.».
112. Histoire de l'hypothèse des ondes cosmiques composées pour l'explication des formes cométaires, «Изв. О. И. П.».
113. Les syndynames et les synchrones de la comète Pons-Brooks (1883—1884), «M. S. L.», т. XIII, 1884.
114. Calcul des éphémérides des queues cométaires, «A. O. M.», т. X, 1884.
115. Note sur la queue du I type de la comète de 1882, II, «A. O. M.», т. X, 1884.
116. Sur l'hypothèse des ondes cosmiques composées pour l'explication des formes cométaires, «A. O. M.», т. X, 1884.
117. Sur les syndynames et les synchrones dans les comètes et quelques remarques concernant mes recherches sur les formes cométaires, «A. O. M.», т. X, 1884.
118. Les syndynames et les synchrones de la comète Pons-Brooks, «A. O. M.», т. X, 1884.
119. Sur la queue du I type de la comète de 1744, «A. O. M.», т. X, 1884.
120. Note supplémentaire sur la comète Pons-Brooks, «A. O. M.», т. X, 1884.
121. Sur quelques remarques concernant mes recherches sur les comètes, «A. N.», Bd. 109, 1884.
122. Quelques remarques concernant mes recherches sur les comètes, «Изв. О. И. П.».
123. Quelques formules de la théorie des comètes, «Изв. О. И. П.».

124. Sur les anomalies apparentes dans la structure de la grande comète de 1744, «Изв. О. И. П.».
125. Revision des valeurs numériques de la force répulsive, «Изв. О. И. П.».
126. Sur les oscillations des jets d'émission dans les comètes, «Изв. О. И. П.».
127. Sur la grande comète de 1811, «Изв. О. И. П.».
128. Beobachtungen von Sternbedeckungen während der totalen Mondfinsternis 1884 Oct. 4 und 1888 Jan. 28, «A. N.», Bd. III, 1885; Bd. 118, 1888.
129. Nouvelles recherches sur les comètes, «A. O. M.», 2-ième sér., т. I, 1886.
130. Sur les grandes comètes de 1886, «A. O. M.», 2-ième sér., т. I, стр. 2, 1888.
131. Sur la grande comète de 1886, f, «A. O. M.», ibid., 1888.
132. Sur la grande comète de 1887, I, «A. O. M.», ibid., 1888.
133. Note supplémentaire sur la grande comète de 1887, ibid.
134. Quelques remarques sur l'origine des météores, «A. N.», Bd. 120, 1888.
135. Sur la grande comète de 1886, «Изв. О. И. П.».
136. Note supplémentaire sur la grande comète de 1887, I, «Изв. О. И. П.», 1888.
137. Sur l'origine des étoiles filantes, «Изв. О. И. П.», 1889.
138. Quelques mots sur l'origine des comètes périodiques, «A. N.», Bd. 120, 1889.
139. Sur l'origine des comètes périodiques, «Изв. О. И. П.».
140. Sur l'origine des étoiles filantes, «A. O. M.», 2-ième sér., т. II, 1890.
141. Sur l'origine des comètes périodiques, ibid., 1890.
142. Sur les propriétés importantes des courants météoriques, ibid.
143. Sur les compagnons de la comète 1889, V, ibid.
144. Note sur la queue anormale de la comète de 1889, I, ibid.
145. Sur les compagnons de la comète 1889, V, «A. N.», Bd. 123, 1890.
146. La petite queue de la comète 1889, I, «A. N.», Bd. 123, 1890.

147. Sur les propriétés importantes des courants météoriques, «Изв. О. И. П.».
148. Sur les phénomènes extraordinaires présentés par la grande comète de 1882 (Lu le 11 septembre 1890), «Bull. de l'Acad.», IV sér., т. II (XXXIV), № 1, 1891.
149. Sur les Perséides observés en Russie en 1890 (Lu le 10 avril 1891), «Bull. de l'Acad.», IV sér., т. II, № 2, 1891.
150. Sur la dispersion des points radiants des météores, «Bull. de l'Acad.», IV sér., т. III (XXXV), № 2, 1892.
151. Sur les radiants des Andromédides (Lu le 29 mai 1891), «Bull. de l'Acad.», IV sér., т. II, № 3, 1892.
152. Sur les Perséides observés en Russie en 1892, «Bull. de l'Acad.», IV sér., т. III, № 3, 1893.
153. Теория выделения метеоров из комет, «Изв. Р. астр. общ.», вып. I.
154. Sur la dispersion des radiants, «Mél. M. A.», т. VII, NS. III (XXXV), 1893.
155. Sur les orbites des Biélides, «Mél. M. A.», т. VII, 1893.
156. О физических переменах в небесных телах (речь на торжественном заседании Ак. Н. 29 дек. 1893 г.).
157. Ueber die Bieliden 1892, «A. N.», Bd. 132, 1893.
158. Sur les Perséides observés a Poulkovo en 1893 (Lu le 6 avril 1894), «Bull. de l'Acad.», V sér., т. I, № 1, 1894.
159. Les isodynames et les synchrones de la comète 1893, IV (Lu 25 mai 1894), «Bull. de l'Acad.», V sér., т. I, № 2, 1894.
160. Sur quelques cas du morcellement des comètes (Lu le 9 mars 1894), «Mél. M. A.», т. VII, L. 3.
161. Sur les Perséides observés en Russie en 1894, «Bull. de l'Acad.», V sér., т. II, № 3, 1893.
162. Variations séculaires de l'orbite de la comète 1862, III, et de ses orbites dérivées, «Bull. de l'Acad.», V sér., т. III, № 2, 1895.
163. Mouvement des substances émises par les comètes 1893, II et 1893, IV, «Bull. de l'Acad.», V sér., т. II, № 5, 1895.
164. Sur l'origine et les orbites du système des Aquarides, «Bull. de l'Acad.», V sér., т. IV, № 4, 1896.
165. Sur quelques systèmes de météores, «Bull. de l'Acad.», V sér., т. V, № 5, 1896.

166. О вращении Юпитера с его пятнами, «И. А. Н.», V сер., т. VII, № 3, 1897.
167. Sur les valeurs de la répulsion solaire subies par la substance cométaire, «Bull. de l'Acad.», 1897, т. III, № 5.
168. О попытках экспериментального воспроизведения кометных явлений, «И. А. Н.», V сер., 1898, т. VIII, № 3, 1898.
169. О солнечной короне, «И. А. Н.», V сер., 1898, т. IX, № 3, 1898.
170. Ueber stationäre Radianten von Sternschnuppenfällen, «A. N.», Bd. 151, 1900.
171. О введении нового стиля, Отчет Комиссии при А. Н.
172. Sur les radiants composés (dits stationnaires) des étoiles filantes, «Bull. de l'Acad.», V sér., 1900, т. XII, № 1, т. XIII, № 2.
173. Sur la comète 1899, I (Swift), «Bull. de l'Acad.», V sér., т. XIV, № 5, 1901.
174. Sur la comète 1901, I, «Bull. de l'Acad.», V sér., т. XV, № 5, 1901.
175. Sur le rôle de Jupiter dans la formation des radiants composés, «Bull. de l'Acad.», V sér., т. XVII, № 5, 1902.
176. Ueber den Schweif des Cometen 1901, I, «A. N.», Bd. 158, 1902.
177. Schreiben an den Herausgeber betreffend den Komet 1903, с, «A. N.», Bd. 162, 1903.
178. Sur le rôle de Jupiter dans la formation des radiants simples, «Bull. de l'Acad.», V sér., 1902, т. XVII, № 5, 1902.
179. Prof. Dr. Th. Bredichin's mechanische Untersuchungen über Kometenformen. In systematischer Darstellung von R. Jaegermann, St. Petersburg, 1903.
180. Études sur l'origine des météores cosmiques et la formation de leurs courants, 1903.
181. Sur les grandes valeurs de la force répulsive du Soleil, «Bull. de l'Acad.», V sér., т. XX, № 1, 1904.
182. О хвосте кометы 1903 г. по фотографическим снимкам, ibid.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие редактора	5
К. Д. Покровский. Биографический очерк Ф. А. БРЕДИХИНА	11

Ф. А. Бредихин

О ХВОСТАХ КОМЕТ

I. ОБЗОР НАБЛЮДЕНИЙ НАД КОМЕТНЫМИ ХВОСТАМИ И ТУМАННОСТЯМИ

Предисловие	33
Сведения о физических свойствах кометного вещества (§ 1)	37
Истечение вещества из ядра (§ 2)	44
Хвосты комет. Их положение и фигура. Хвосты сложные. Хвосты аномальные (§ 3)	57
Определение координат точек хвоста (§ 4)	80
Головы комет и изменение их размеров (§ 5)	98
Направление истечения и хвоста (начальное) (§ 6)	107

II. ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ГИПОТЕЗ, ПРЕДЛОЖЕННЫХ ДЛЯ ОБЪЯСНЕНИЯ ХВОСТОВ

Писатели древние, средневековые, XVI, XVII и XVIII вв. (§ 7)	120
Писатели XIX в. (8)	132

III. РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ В ПРИЛОЖЕНИИ ПРЕИМУЩЕСТВЕННО К ХВОСТАМ

Исследования Бесселя (§ 9)	149
Приложение формул Бесселя к комете Галлея (§ 10)	171
Обобщение формул Бесселя (11)	180
Приложение формул к комете 1858 (V) (§ 12)	192
Величина силы, образующей хвост (§ 13)	195
Строение хвоста (§ 14)	206
Разбор исследований Папе (§ 15)	213
Хвосты комет: 1577, 1618, 1811, 1844, 1853 гг. (§ 16)	234
Прибавления	256
Положения	268
Объяснение фигур	270
Список научных и литературных трудов Ф. А. Бредихина	271