



Уважаемые посетители сайта, посвящённого работам и биографии Аристарха Аполлоновича Белопольского!

С жизнью и творчеством А.А.Белопольского для начала можно ознакомиться по интересной и содержательной статье А.И.Еремеевой ["ПИОНЕР ОТЕЧЕСТВЕННОЙ АСТРОФИЗИКИ. К 150-летию со дня рождения академика А.А.Белопольского"](#) ("Вестник Российской Академии Наук", 2004 г., том 74, №6, с.524). Новьё

Здесь же Вы найдёте наиболее интересные фрагменты из книги: А.А. Белопольский "Астрономические труды", М., 1954 г., а также комментарии к ним. Страницы с биографией и работами Белопольского большей частью заимствованы с замечательного сайта <http://bourabai.narod.ru> Карима Хайдарова (с его разрешения и одобрения), тоже в значительной степени посвящённого работам классиков астрономии и физики. Такие страницы помечены значком Кар

Регулярно, по мере перевода трудов Белопольского в электронный вид на сайте будут издаваться и новые страницы, полностью раскрывающие замечательные идеи этого учёного.

Аристарх Аполлонович

БЕЛОПОЛЬСКИЙ

(1854–1934)

Аристарх Аполлонович Белопольский являлся одним из виднейших учёных XIX и XX вв. Вместе со своим учителем Ф. А. Бредихиным А. А. Белопольский был пионером новой науки — астрофизики. Всю свою жизнь он посвятил наблюдательной астрофизике. Он всегда считал, что окончательный ответ на тот или иной вопрос астрофизики должна дать практика, т. е. наблюдения и лабораторные опыты. Но наряду с этим А. А. Белопольский всегда придавал большое значение теории. Будучи учёным-материалистом, он решительно возражал против идеалистических толкований явлений природы и, в частности, астрономических явлений, и указывал, что подобные толкования всегда приводили к противоречиям с наблюдениями.



В своих исследованиях А. А. Белопольский оставался строго последовательным. Используя результаты своих наблюдений, А. А. Белопольский смог предсказать целый ряд явлений, понятых лишь в последние годы. Сюда прежде всего следует отнести явления, наблюдаемые на поверхности Солнца, на звёздах (особенно переменных и новых), а также и явления, наблюдаемые при изучении спектров различных небесных тел. Результаты замечательных лабораторных опытов, поставленных А. А. Белопольским, составили яркую страницу в истории отечественной физики и астрофизики.

Можно смело сказать, что всю свою сознательную жизнь А. А. Белопольский отдал своей любимой науке — астрофизике. Он считал, что, как и любая истинная наука, астрофизика должна служить народу, Родине.

КРАТКАЯ БИОГРАФИЯ

1(13).7.1854, Москва, - 16.5.1934, Пулково

Аристарх Аполлонович Белопольский - русский астроном, академик (с 1903 г.) .

Родился в Москве. Со студенческих лет работал на университетской астрономической обсерватории. В 1877 окончил Московский университет и был оставлен при нём для подготовки к званию профессора астрономии.

Деятельность А. А. Белопольского связана с начальным периодом развития астрофизики. В конце XIX в. в астрономии стали применяться новые методы исследований - спектральный анализ и фотография. А. А. Белопольский успешно использовал эти методы в своих астрофизических исследованиях, не раз совершенствовал конструкции применявшихся им приборов и приспособлений. Одним из первых он стал фотографировать кометы, Луну во время затмения. Получил фотографии солнечной короны во время затмения 1887. Наблюдал на меридианном круге положения звёзд с большими собственными движениями, положения планет и комет. С 1888 г. до конца жизни - на Пулковской обсерватории (причем в 1917 - 1919 гг. был её директором).

В Физике известно явление, называемое эффектом Доплера (по имени австрийского физика) , которое заключается в том, что длина волны распространяющихся звуковых, световых и других колебаний воспринимается наблюдателем несколько измененной, в сравнении с той, которая была излучена, если источник колебаний и наблюдатель движутся относительно друг друга.

Следствием этого эффекта является то, что линии в спектре звезды смещаются к его фиолетовому концу, если звезда движется, приближаясь к наблюдателю, к красному, если звезда удаляется от него. А. А. Белопольский экспериментальным путем доказал возможность использования эффекта Доплера для измерения лучевых скоростей небесных тел (т.е. скоростей вдоль луча зрения).

В первые годы пребывания в Пулкове А. А. Белопольский произвёл исследование вращения Юпитера и выявил различные периоды вращения планеты близ её экватора и в более высоких широтах; произвёл обширные исследования вращения Солнца по движению факелов и измерения многочисленных фотографий Солнца, полученных в Пулкове в 1881-88.

Главная тема наблюдений Белопольского - получение лучевых скоростей ярких звёзд 2-4-й величины (около 200) для определения движения Солнца и исследование спектров переменных звёзд. Белопольский не пропускал ни одной вспышки новых звёзд без исследования её спектра. Открыл периодические колебания лучевых скоростей цефеид. Вскоре он начал работы по определению и исследованию лучевых скоростей небесных светил (т. е. их скоростей вдоль луча зрения). Одним из первых получил фотографии спектров небесных светил с помощью спектрографов (один из спектрографов в Пулкове был построен по его

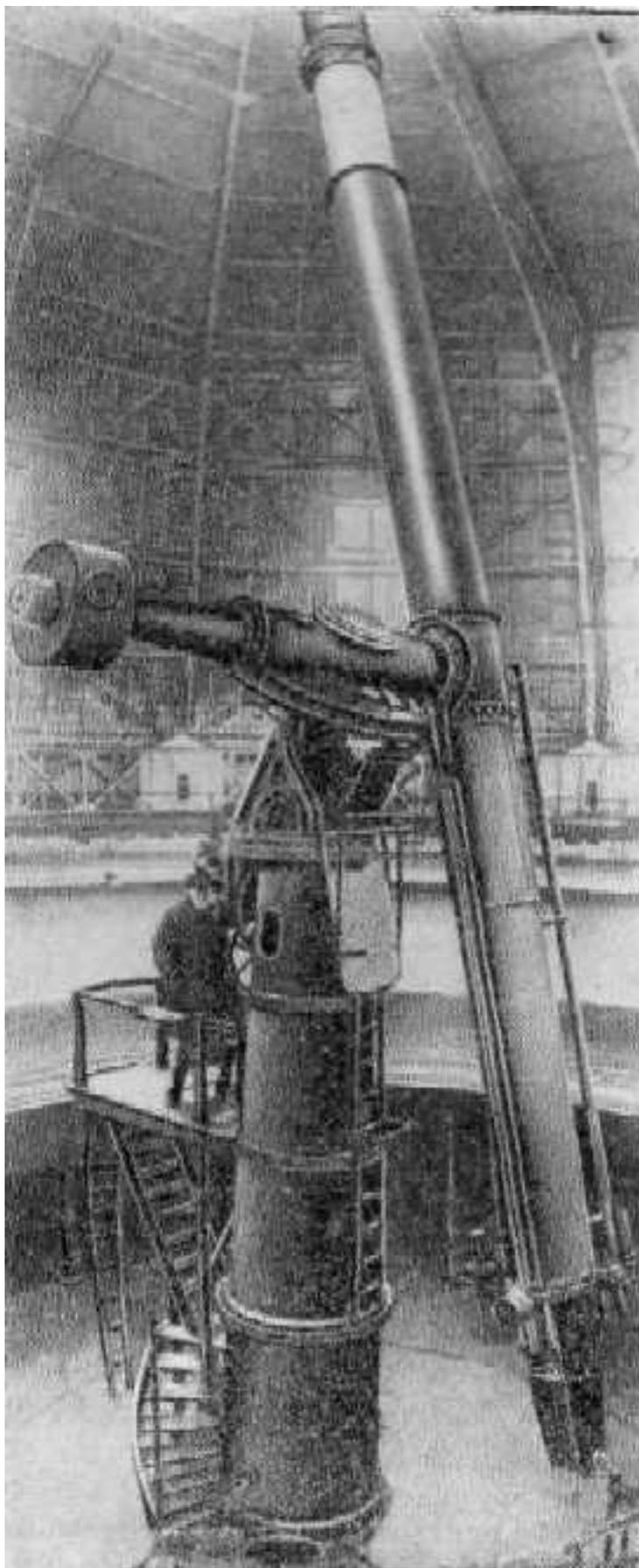
проекту). Открыл факт различия параллактических и спектроскопических скоростей ярких звезд, окружающих Солнце. Как установил Белопольский, геометрическая скорость Солнца относительно ближайших звезд составляет 20 км/с, а спектроскопическая - около 16 км/с в апексе и 24 в антиапексе.

Исследуя спектры переменных звезд - цефеид, он обнаружил, что изменения их блеска и лучевых скоростей происходят с одним и тем же периодом, но со сдвинутой фазой. Цефеиды сыграли в дальнейшем большую роль в доказательстве существования других галактик.

Исследуя лучевые скорости разных частей колец Сатурна, Белопольский в 1895 г. одновременно с рядом других астрономов доказал, что эти кольца не сплошные, а состоят из множества отдельных мелких тел, обращающихся вокруг планеты.

А.А. Белопольский составил первый учебник астрофизики на русском языке.

Не довольствуясь доказательством принципа Доплера по наблюдениям лучевых скоростей звёзд, Белопольский построил остроумный прибор для экспериментального доказательства наличия доплер-эффекта для света. Выполненное независимо от каких-либо теоретических построений, это доказательство имело решающее значение для науки. С помощью звёздного спектрографа А. А. Белопольский пытался спектральным путём исследовать вращение Солнца; в 1912 он заказал специальный инструмент для этой цели, который, однако, был изготовлен только в годы Советской власти (1923). Белопольский с его помощью сфотографировал спектр края Солнца по плану Международного союза по исследованию Солнца, председателем русского отделения которого он был. При этих исследованиях Белопольский заметил, что скорость вращения Солнца несколько уменьшилась с 1925 по 1933, что подтвердилось и наблюдениями других астрономов. Белопольский интересовался также кометами - и не только изучением их спектров, но и вопросом о физическом строении и химическом составе их хвостов



А. А. Белопольский у 30-дюймового (76 см) рефрактора в Пулкове (1932 г.).

НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК И КОММЕНТАРИИ

О. Я. Мельников

Автобиографический очерк 

I. Исследования тел Солнечной системы 

II. Исследования Солнца 

III. Исследования звёзд 

IV. Лабораторные опыты 

V. Конструирование и исследование инструментов 

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ

ОБ АНАЛОГИИ МЕЖДУ ДВИЖЕНИЯМИ НА ПОВЕРХНОСТИ СОЛНЦА И ЦИРКУЛЯЦИЯМИ ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЖИДКОЙ СФЕРЕ (I, с. 61) 

О ХАРАКТЕРИСТИКЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ЛИНЗЫ ДЛЯ СПЕКТРОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ТРИДЦАТИДЮЙМОВЫМ РЕФРАКТОРОМ ПУЛКОВСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ (I) 

ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИНЦИПА ДОППЛЕРА-ФИЗО, НЕ ПРИБЕГАЯ К КОСМИЧЕСКИМ СКОРОСТЯМ (I) 

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ПОДЧЁРКИВАНИЯ СЛАБЫХ ЛИНИЙ ЗВЁЗДНЫХ СПЕКТРОГРАММ (I) 

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ГЕЙСЛЕРОВЫХ ТРУБОК (I) 

СОЛНЕЧНЫЙ СПЕКТРОГРАФ АКАДЕМИИ НАУК (I) 

ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНО-ДВОЙНЫХ И КРАТНЫХ ЗВЁЗД (II) 

По поводу статьи П.Н.Лебедева "Об особенностях спектра В Возничего" (II, с. 203) 

Результаты спектральных наблюдений новой Персея в Пулкове (III, с.

220) **Новьё**

Об изменении интенсивности линий в спектрах некоторых цефеид (III, с. 226) **Новьё**

Звёзды и внегалактические туманности (VI, с. 266) **Новьё**

Новые исследования спиральных туманностей (VI, с. 268) **Новьё**

КОММЕНТАРИИ К "ИЗБРАННЫМ РАБОТАМ" А.А. БЕЛОПОЛЬСКОГО

ОТДЕЛ ПЕРВЫЙ. Лабораторные исследования и испытания инструментов (с. 301) **Новьё**

ОТДЕЛ ВТОРОЙ. Исследования спектрально-двойных и кратных звёзд (с. 304) **Новьё**

ОТДЕЛ ТРЕТИЙ. Исследования переменных и новых звёзд (с. 307) **Новьё**

ОТДЕЛ ЧЕТВЁРТЫЙ. Спектроскопия тел солнечной системы (с. 310) **Новьё**

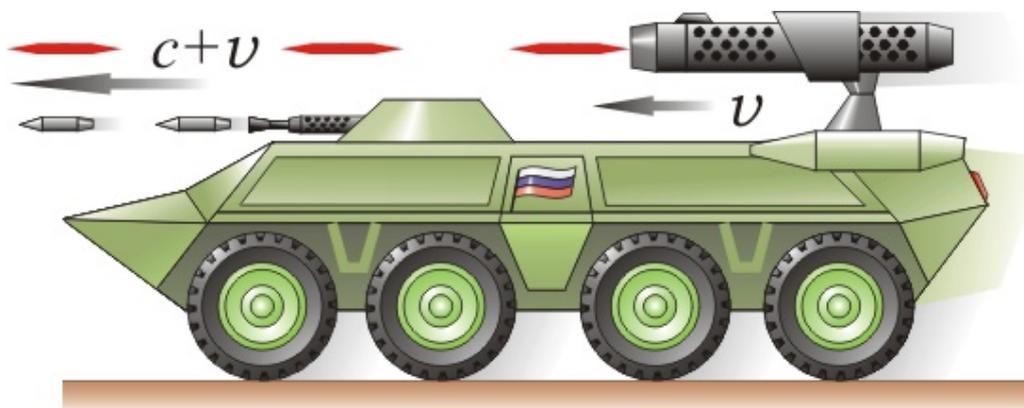
ОТДЕЛ ПЯТЫЙ. Изучение спектра Солнца и солнечных образований (с. 312) **Новьё**

ОТДЕЛ ШЕСТОЙ. Изучение спектров внегалактических туманностей (с. 313) **Новьё**

ОТДЕЛ СЕДЬМОЙ. Доклады (с. 314) **Новьё**

В скобках указаны номера отделов (латинскими цифрами) и страниц (арабскими цифрами) по книге "Астрономические труды", откуда были взяты соответствующие работы. Их список будет расти со временем, по мере перевода в электронный вид.

Очень рекомендуем посетить ещё один сайт, имеющий прямое отношение к идеям Белопопольского. А именно сайт <http://ritz-btr.narod.ru>, раскрывающий суть баллистической теории Ритца (БТР), в рамках которой находят теоретическое и практическое обоснование многие идеи Белопопольского.



Баллистический принцип: прирост скорости c луча света на величину скорости v источника. Аналогия стрельбы пулемёта и лучемёта с броневика на ходу.

Особенно интересны становятся идеи и гипотезы А.А. Белопопольского и Вальтера Ритца в свете открытий и космических наблюдений последних лет, которые во многом противоречат современной космологии и физике, но легко объясняются в рамках БТР. Ниже приведены ссылки на страницы, посвящённые лишь некоторым из таких наблюдений, явлений и эффектов:

- [1. Кольцо из звёзд в туманности Андромеды](#)
- [2. Двойное кольцо вокруг сверхновой SN 1987 A](#)
- [3. Повторная вспышка и другие странности сверхновой SN 1987 A](#)
- [4. Сверхплюснутость звезды Ахернар \(альфа Эридана\)](#)
- [5. "Кокон" вокруг цефеид](#)

[6. Неправильные пульсации Полярной звезды](#)

[7. Неправильные колебания формы Миры Кита](#)

[8. Объект 0024+1654 - размытие вдоль эллипса орбиты на множество штрихов](#)

Рекомендуем также посетить страницу <http://www.cnews.ru>, на которой рассказано о нарастающей кризисной ситуации в космологии, созданной накопившимися объёмами совершенно необъяснимых наблюдательных данных. Считают, что это должно привести к полному пересмотру современной физики и космологии. И велика вероятность того, что в итоге учёные придут как раз к некогда оставленным идеям Белопольского и Ритца, благодаря которым многие явления космоса получают простое объяснение в рамках всего одной гипотезы. Тогда как в нынешней астрофизике на каждое новое необъяснимое, невозможное в её рамках явление приходится вводить новую гипотезу. Такой способ объяснения явлений посредством введения всё новых и новых гипотез ad hoc- своего рода подпорок под шаткое основание обречённой теории - Пуанкаре называл лоскутным. И вполне справедливо считал такой способ обоснования теории малоубедительным, а саму теорию - с очень большой вероятностью ошибочной.

О неубедительности, искусственности обоснования современной космологии и особенно гипотезы Большого взрыва пишут уже очень многие авторы и у нас и за рубежом. См. например [коллективное письмо](#), опубликованное в журнале "New Scientist" в 2004 г. И многие уверены, что уже в ближайшие годы произойдёт новая революция в науке с полной отменой старых отживших представлений теоретической физики и космологии. Вот почему ныне становятся столь актуальными и интересными некогда оставленные и забытые идеи Белопольского и Ритца, в рамках которых из небольшого числа исходных положений можно вывести почти все наблюдаемые и необъяснимые явления космоса.

Подробнее это показано в популярных статьях:

[1. А.А. Белопольский - отец русской астрофизики.](#)

2. [Ключ к загадкам космоса](#) // "Инженер" 2006, №3.

3. [Как устроены маяки Вселенной?](#) // "Инженер" 2006, №9. Новьё

4. ["О вращении небесных сфер"](#) // "Инженер" 2006, №9. Новьё

Тем, кто интересуется также представлениями Ритца о природе света, электричества и магнетизма, рекомендуем следующие популярные статьи:

5. [СТО ЛЕТ СТО](#) // "Инженер" 2005, №11;

6. [О природе электричества и магнетизма](#) // "Инженер" 2006, №1;

Ниже помещён и краткий биографический очерк о жизни и работах Белопольского:

7. [Космос русского Аристарха](#);

Наконец приводим перевод на русский язык статьи Дж. Фокса, 6-й раздел которой посвящён рассмотрению двойных звёзд в рамках баллистической (эмиссионной) теории Ритца. Причём показано, что наблюдения над двойными звёздами не только не противоречат БТР, но во многом подтверждают её предсказания:

8. [Свидетельства против эмиссионных теорий](#); Новьё

Ниже также приводим перевод статьи Брайана Уоллеса, в которой показано, что радарные измерения положений Венеры подтверждают баллистический принцип сложения скорости света со скоростью источника, а не второй постулат СТО:

9. [Радарные измерения скорости света в космосе](#). Новьё ;

В нижеприводимой статье О.А.Мельникова и В.С. Попова показано, что существующему доплеровскому объяснению красного смещения противоречат многие космические наблюдения. Поэтому приводятся альтернативные, недоплеровские объяснения красного смещения в том числе на основе гипотезы Белопольского о старении света

10. Недоплеровские объяснения красного смещения в спектрах далёких галактик. Новьё

Последнее обновление - 16 января 2007 г.



Аристарх Аполлонович

БЕЛОПОЛЬСКИЙ

(1854–1934)

*В журнале "Огонёк" А. А. Белопольский в 1927 г. в автобиографическом очерке описал свою жизнь *). Ниже приводится часть этого очерка в пересказе С. Н. Блажко **).*

*"Я родился в Москве 1 [13] июля 1854 года. Воспитание получил у родителей. Отец происхождения сербского. Один из предков по фамилии Нестерович переселился из города Белополье в Россию. Отец по неимению средств университета не окончил и поступил на службу во 2-ю гимназию надзирателем за приходящими учениками. Мать получила уроки музыки в Елизаветинском институте ***).*

Одиннадцати лет я поступил в гимназию. До 6-го класса учился хорошо, хотя на приготовление уроков не тратил много времени. Но на выпускном экзамене провалился и должен был остаться в нововведённом тогда 8-м классе. По окончании гимназии поступил в Московский университет на физико-математический факультет (1873-1877 гг.). Как в гимназии, так и в университете я учился бесплатно (кроме года поступления, за который пришлось внести добытые уроками деньги). В гимназии со второго года пребывания начал давать уроки, репетирова с малоуспевающими учениками. Нередко случалось, что родители или опекуны ухитрялись оставлять уроки неоплаченными. В этих случаях иногда в дело вмешивалась мать.

Весьма удачно в вакационное время после 1-го курса в университете я попал на кондацию к известному в Москве меценату Савве Ивановичу Мамонтову. В имении Абрамцево я провёл в среде художников и музыкантов целое лето. Там познакомился с Репиным, Васнецовым, Невревым и др. И. Е. Репин был, между прочим, одним из адептов моего отца в смысле гигиенического образа жизни, т. е. тоже спал при открытых окнах зиму и лето.



**) А. А. Белопольский, журнал "Огонёк" № 43/239 от 23 октября 1927 г.*

****) С. Н. Блажко, Труды ГАИШ 17, 50, 1941. ***) У А. А. Белопольского было два брата: Олимп и Александр (прим, ред.).*

В вакационное время между 2-м и 3-м курсом я, следуя своему влечению к практической механике, выпросил разрешение работать в мастерской по ремонту локомотивов при Ярославской железной дороге. Проработал я месяца два или три. По окончании курса в университете (я слушал Бредихина, Давидова, Бугаева, Слудского, Столетова, Орлова) директор астрономической обсерватории Ф. А. Бредихин предложил мне на лето заняться систематически фотографией солнечной поверхности при помощи фотогелиографа. Я охотно принял это предложение, имея некоторый опыт в фотографии. Таким образом случайно я сделался астрономом. Осенью я был представлен к оставлению при университете для подготовки к профессорскому званию по кафедре астрономии со стипендией. В 1879 г. получил место сверхштатного ассистента при астрономической обсерватории.

При вступлении в жизнь судьба вновь поставила меня в соприкосновение с исключительно выдающейся средой. Во главе обсерватории стоял Ф. А. Бредихин, высокоталантливый профессор и замечательный учёный, Наши еженедельные собрания по воскресеньям (1877-1881 гг.) у Бредихиных оставили неизгладимое воспоминание и оказали сильное влияние на моё научное развитие. Собственно, тут начался для меня настоящий университет. Мои занятия в обсерватории посвящены были систематическим исследованиям процессов на солнечной поверхности (пятна, протуберанцы) и астрометрии (меридианный круг). По этим вопросам в "Анналах" Московской обсерватории напечатано 15 работ и 13 в иностранных журналах. В 1886 г. я защитил диссертацию на степень магистра астрономии ("Пятна на Солнце и их движение"), В 1888 г. был зачислен адъюнктом астрономии при Государственной астрономической обсерватории в Пулковке (директор О. Струве)".

В этом кратком биографическом очерке описана жизнь и научная деятельность Аристарха Аполлоновича до перехода в 1888 г. в Пулковскую обсерваторию.

Весь московский период жизни и научной работы Аристарха Аполлоновича протекал под руководством одного



А. А. Белопольский - студент (Москва, 1876 г.).



А. А. Белопольский (Москва, 1886 г.).

из основоположников отечественной и мировой астрофизики Ф. А. Бредихина.

Работая в Московской обсерватории, Аристарх Аполлонович наблюдал за положениями избранной группы звёзд с помощью меридианного круга. На этом же инструменте он производил наблюдения больших (Марс, Уран) и малых (Виктория, Сафо) планет, а также комет (1881 г., 1881 г.). Там же после окончания университета, с 1877 г. по 1888 г., он производил систематическое фотографирование Солнца. Инструментом служил четырёхдюймовый фотогелиограф Дальмейера. В этой работе большую помощь А. А. Белопольскому оказал В. К. Цераский, бывший в то время ассистентом Московской обсерватории. Наблюдения на фотогелиографе помогли приобрести опыт в фотографировании, а полученный материал послужил Белопольскому основой для магистерской диссертации "Пятна на Солнце и их движение", которую он защитил в 1886 г.

К этому времени наблюдениями за пятнами было установлено уменьшение угловой скорости вращения Солнца от

экватора к полюсам и при переходе из глубоких слоев во внешние.

Для выяснения физической причины своеобразного характера вращения Солнца А. А. Белопольский провёл сложный лабораторный эксперимент. Этот эксперимент состоял в том, что наблюдался момент прохождения через "меридианы" частиц стеарина, взвешенных во вращающейся жидкости, наполнявшей стеклянный шар. Идея этого эксперимента была навеяна исследованиями Н. Е. Жуковского. Полученный результат оказался совпадающим с тем, что было выведено Шперером из наблюдений за движением солнечных пятен: угловая скорость вращения поверхностного слоя для жидкости в шаре была представлена формулой, до некоторой степени напоминающей формулу угловой скорости вращения Солнца:

$$\xi = a - b \sin^2 \varphi = (a - b) + b \cos^2 \varphi,$$

где φ - гелиографическая широта, a и b - постоянные. Эта работа, опубликованная в "Анналах" Московской обсерватории в 1888 г., была доложена в 1890 г. на съезде русских естествоиспытателей и врачей.

В 1884 г. с помощью гелиографа А. А. Белопольский фотографировал лунное затмение. Обработка фотографий позволила ему определить радиус земной тени.

Уже в 1883 г. Аристарх Аполлонович в Московской обсерватории сделал первые в России опыты по прямому фотографированию звёзд. Со скромным объективом диаметром 46 мм (относительное отверстие 1 : 4) он за два с половиной часа получил на пластинке изображения звёзд до 8^m,5. Для малочувствительных бромистых пластинок того времени и небольшого отверстия объектива это было, по видимому, пределом.

Чтобы отобрать объектив, наиболее подходящий для астрофотографических работ, А. А. Белопольский в 1884 г. исследовал целую серию фотографических объективов. Отобранные четыре объектива он вместе с объективом фотогелиографа использовал во время полного солнечного затмения 1887 г. в г. Юрьевце (б. Костромской губ.). Хотя погода не вполне благоприятствовала наблюдениям, Аристарх Аполлонович получил хорошие фотографии внутренней короны. Оригинальным в его установке было то, что четыре объектива, имеющих разные отверстия и фокусные расстояния, были заключены в общую камеру, так что четыре фотографии короны получились на одной и той же пластинке. Результаты этих наблюдений были опубликованы в "Анналах" Московской обсерватории.

А. А. Белопольский вместе с Ф. А. Бредихиным производил в Московской обсерватории также и визуальные наблюдения спектров протуберанцев с помощью протуберанц-спектростопа, монтированного на 9-дюймовый рефрактор (в 1881 г.). Эти наблюдения носили, по видимому, учебный характер.

Мы видим, что московский период научной деятельности Аристарха Аполлоновича был весьма разнообразным. До 1881 г. особенно интересными были воскресные собрания у Бредихиных, где бывали лучшие представители московских учёных (математики, физики, астрономы и т. д.). Позднее не менее интересными были и встречи у Цераских, где круг собиравшихся был ещё более разнообразен (математики, историки, философы, музыканты и художники). Многие учёные и в их числе астрономы, посещавшие эти частные собрания, были одновременно активными участниками различных научных обществ. Так, Ф. А. Бредихин был связан с Обществом испытателей природы, а впоследствии был его президентом (в 1864 г.), он же был одним из основателей Московского математического общества. В. К. Цераский часто делал доклады в Обществе любителей естествознания, антропологии и этнографии. Там же выступал и А. А.

Белопольский, состоявший членом Общества исследователей природы, Общества любителей естествознания и Математического общества (в Москве).

К 1888 г., в конце московского периода жизни и деятельности, А. А. Белопольский был уже известным учёным и имел большие навыки в области научной фотографии и её применения к решению задач астрофизики. Помимо этого, ещё будучи студентом и работая в каникулярное время механиком в железнодорожных мастерских, а позднее и в мастерских обсерватории, Белопольский приобрёл большие знания и опыт в конструировании и изготовлении различных инструментов.

Кроме активной научной и производственной работы А. А. Белопольский занимался также и преподаванием. Он читал в Московском университете лекции по теории астрономических инструментов (1887 г.), а на Высших московских женских курсах при 3-й гимназии - сферическую и теоретическую астрономию (1885 г.).

Всё это привело к тому, что ко времени перехода в Пулковскую обсерваторию А. А. Белопольский был вполне самостоятельным учёным, подготовленным к постановке и практическому решению новых научных проблем. Переход А. А. Белопольского в Пулковскую обсерваторию на должность адъюнкт-астронома состоялся в 1888 г. Первоначально по обсерваторской традиции Аристарху Аполлоновичу были поручены меридианные наблюдения на большом пассажном инструменте и их обработка. Помимо этого он обрабатывал старые наблюдения А. Ф. Вагнера, сделанные на том же инструменте. Из этих абсолютных наблюдений Белопольский вывел надёжные параллаксы ряда ярких звёзд (опубликовано в 1889 г.). Таким образом, первые годы работы в Пулкове Аристарх Аполлонович занимался астрометрией и за короткий срок сделал важные исследования.

Только через два года А. А. Белопольский смог заняться своей любимой наукой - астрофизикой. В 1891 г. он был назначен на должность астрофизика, которую с 1882 по 1889 г. занимал Б. Гассельберг, а после ухода последнего она оставалась вакантной. Астрофизические исследования начались в Пулкове ещё в 1868-1875 гг., но лишь после того, как астрофизикой стал заниматься А. А. Белопольский, имевший в своём распоряжении большие инструменты, исследования по астрофизике были включены в число главных задач обсерватории.

В этот период в Пулковской обсерватории произошла важнейшая реорганизация. Новый директор Ф. А. Бредихин, сменивший О. Струве, открыл двери обсерватории для талантливых молодых воспитанников русских университетов, которые раньше или совсем не допускались к научной работе или им поручали чисто техническую и вычислительную работу. Впервые со времени основания обсерватории её ежегодные отчёты стали выходить на русском языке.

В последнее десятилетие XIX в. работы по астрофизике сосредоточились в основном в Пулковской обсерватории, так как университетские обсерватории, оборудованные скромными инструментами, уже не могли с ней конкурировать. Руководил этими работами А. А. Белопольский.

Приступив к работе, Белопольский прежде всего восстановил запустевшую астрофизическую лабораторию, расположенную с 1886 г. в специальном двухэтажном здании и хорошо оборудованную (диффракционный спектрограф, двухпризмный спектрограф, установка с вогнутой решёткой, имеющей радиус кривизны 6,4 м, разнообразные источники спектров и т. д.). В 1891 г. Аристарх Аполлонович получает заграничную командировку для заказа у Репольда (в Гамбурге) монтировки, а у братьев Анри (в Париже) объектива 13-дюймового "нормального астрографа". Этот инструмент был изготовлен и доставлен в Пулково в 1893 г. Его установку, испытание и первые снимки на нём сделал А. А. Белопольский. С тех пор инструмент работал успешно до разрушения Пулковской обсерватории во время Великой Отечественной войны. В 1948 г. нормальный астрограф был восстановлен и вступил в строй.

Начиная работы по астрофизике, А. А. Белопольский приступил к визуальным наблюдениям за спектрами протуберанцев с помощью привезённого из Москвы протуберанц-спектроскопа, монтированного на гелиометре. Он неоднократно наблюдал в мощных извержениях обращение линий, в частности линий металлов.

Параллельно с этой работой А. А. Белопольский заказал, а частью также изготовил собственными силами с помощью мастерской обсерватории новое астроспектроскопическое оборудование. Тщательно исследовав эти инструменты, Аристарх Аполлонович последовательно монтирует их на всё более крупные телескопы, начиная с 19-сантиметрового гелиографа и кончая 76-сантиметровым рефрактором, используя их в качестве питающих систем. При этом все спектроскопы были фактически спектрографами, т. е. были рассчитаны на применение фотографии.

В девяностых годах XIX в. сухие фотопластинки окончательно вытеснили менее удобные и менее чувствительные фотопластинки, изготовлявшиеся мокроколлоидным способом. Работая в эти годы в Пулковке, А. А. Белопольский первым применил фотографию для детального изучения спектров различных небесных объектов и определения лучевых скоростей небесных тел. В этих исследованиях Аристарх Аполлонович использовал свой большой опыт по научной фотографии, накопленный им в московские годы работы. Совершенство спектроскопического оборудования, подготовленного А. А. Белопольским, и применение фотографии позволили ему достигнуть высокой точности определения лучевых скоростей. Параллельно аналогичные исследования производились в Потсдамской обсерватории Фогелем и Шайнером, но существенно увеличить точность определения лучевых скоростей удалось только позднее, после изменения конструкций спектрографов и их подвесов к телескопам.

Помимо авторитета, который Аристарх Аполлонович завоевал в области определения лучевых скоростей, он был широко известен также своими работами по солнечной и лабораторной спектроскопии. Поэтому не случайно, что он был приглашён редактором в издаваемый с 1902 г. в Чикаго "Астрофизический журнал".

Исследования А. А. Белопольского весьма разнообразны; мы рассмотрим их по отдельным проблемам.

[Дальше](#)

I . **Исследования тел солнечной системы**

Уже в 1891 г. А. А. Белопольский занялся в Пулковке изучением осевого вращения больших планет. Изучив уже опубликованные результаты, он пришёл к выводу, что скорость осевого вращения Юпитера изменяется с широтой и при этом неравномерно. Позднее (в 1907-1909 гг.) он получил на 76-сантиметровом рефракторе с более совершенным трёхпризменным спектрографом собственный материал, обработка которого подтвердила его предварительные заключения. Изучение вращения Юпитера Аристарх Аполлонович производил по измерению наклона линий в спектре планеты, со щелью спектрографа, пересекающей диск планеты на разных широтах перпендикулярно к оси вращения. Измерения показали, что в области тёмных экваториальных полос Юпитера угловая скорость вращения на 4-5% отличается от таковой на других широтах. Это явление, повидимому, следовало приписать обширной атмосфере Юпитера, в которой наблюдаются мощные перемещения газовых масс. А. А. Белопольский обнаружил, что ширина некоторых, спектральных линий в спектре планеты также изменяется по диску: линии оказались шире у полярных областей.

В 1892 г. на 38-сантиметровом рефракторе Аристарх Аполлонович получил пробные фотографии спектра Венеры и вычислил точность, с которой можно определять по ним скорость осевого вращения планеты. С 1899 по 1903 гг. эти наблюдения были повторены на 76-сантиметровом рефракторе с трёхпризменным спектрографом. Однако даже с этим достаточно мощным оборудованием не удалось получить необходимой точности, и полученный период вращения в 34,5 часа представлялся неуверенным (заниженным). Наклонность оси вращения к орбите также могла быть определена очень неуверенно. Для повышения точности А. А. Белопольский заказал в 1910 г. специальную спектральную щель, щёчки которой при их сведении дают не прямолинейную, а параболическую прорезь с осью симметрии, параллельной дисперсии, и с вершиной, близкой к пересечению оптической оси коллиматора с плоскостью щёчек щели. При употреблении подобной щели в средней части спектра получается компенсация искривления линий, неизбежно возникающего в призменных и даже дифракционных спектрографах. В случае прямых, не искривлённых спектральных линий их наклон, вызванный осевым вращением планеты, определяется значительно точнее.

В отчёте обсерватории за 1911 г. сообщается, что А. А. Белопольский и Г. А. Тихов получили с этой щелью (спектрограф № I V) на 76-сантиметровом рефракторе спектры Венеры и Юпитера.

Особенно интересным было исследование А. А. Белопольским вращения Сатурна и его кольца. Первые спектры были получены во время противостояния 1895 г. на 33-сантиметровом астрографе, так как остальные рефракторы были в это время перегружены работой. Позднее спектры Сатурна были получены также и со спектрографом, монтированным на 76-сантиметровом рефракторе. Щель ориентировалась вдоль экватора и пересекала кольцо в двух диаметрально противоположных точках на разных расстояниях от центра планеты. Линейная скорость вращения планеты на экваторе оказалась равной 9,3 км/сек, а для кольца получились значения 21,1 и 15,5 км/сек во внутренних и внешних частях соответственно. Эти результаты блестяще подтвердили теоретические исследования (в частности, С. В. Ковалевской) и окончательно доказали, что кольцо Сатурна не сплошное, а состоит из отдельных сравнительно мелких тел.

Если бы кольцо было сплошным, то его угловая скорость вращения была бы постоянной, а линейная возрастала бы с увеличением расстояния от планеты. Из результатов А. А. Белопольского следовало, что линейная скорость, наоборот, меньше для внешних частей кольца. Эти результаты почти одновременно нашли подтверждение и в работах Килера и Деландра. Однако Аристарх Аполлонович сделал и ещё одно открытие, обнаружив, что спектр кольца гораздо богаче ультрафиолетовыми лучами и при употреблявшейся дисперсии простирается в ультрафиолетовый

конец гораздо дальше, чем спектр диска планеты. Таким образом, кольцо оказалось более голубым по сравнению с диском планеты. Аристарх Аполлонович объяснил это явление влиянием атмосферы планеты Сатурн, которая у кольца, естественно, отсутствует. Его результаты были позднее подтверждены Г. А. Тиховым, впервые в мире сфотографировавшим в 1909 г. Сатурн с помощью 76-сантиметрового рефрактора через различные светофильтры. Дополнительно им же было показано, что внутреннее кольцо более богато ультрафиолетовыми и синими лучами, чем внешнее. Эти наблюдения были повторены в 1911 г. А. А. Белопольским.

В дальнейшем Белопольский неоднократно возвращался к наблюдениям больших планет. Он не ограничивался только определением скоростей осевых вращений, но стремился по характеру спектральных линий получить сведения об атмосферах больших планет. В частности, он обратил внимание на то, что теллурические линии в зелено-красных частях спектра Венеры более резки по сравнению с солнечным спектром. В фиолетовой же области спектра подобного усиления не наблюдалось. Из этих результатов А. А. Белопольский сделал вывод, что атмосфера Венеры в области зарождения полос типа теллурических более разрежена, чем земная атмосфера *). В те

*) В настоящее время (с 1932 г.) надёжно установлено у Венеры наличие только инфракрасных полос углекислого газа - Следов же полос кислорода и водяного пара уверенно не обнаружено, .

же годы он изучил и спектры спутников планет, в частности третьего спутника Юпитера, с целью определения изменения его лучевой скорости в течение обращения.

Кроме того, А. А. Белопольский наблюдал за спектрами комет. В 1911 г. им был получен с большой дисперсией уникальный спектр кометы Брукса 1911 ∇ , который он фотографировал три ночи подряд (чтобы получить нужную выдержку в восемь часов). Лучевые скорости, определённые по спектру, были сравнены с вычисленными по эфемеридам кометы; согласие оказалось очень хорошим. В 1914 г. Аристарх Аполлонович наблюдал спектр кометы Делавана 1914 IV . Спектр этой кометы был непрерывный, пересечённый линиями поглощения, т. е. был подобен отражённому солнечному спектру. Измеренные лучевые скорости оказались в согласии с вычисленными по эфемеридам. Во время прохождения кометы Галлея в 1910 г. по диску Солнца, которое также наблюдал А. А. Белопольский, он не обнаружил никаких изменений в спектре Солнца.

Большое внимание Аристарх Аполлонович уделял также и физике комет. Так, в 1922 г. он публикует исследование "О кометных хвостах", в котором, исходя из величины отталкивательного ускорения $1 - [\dot{i}$, вычисленного по наблюдениям деталей хвоста кометы Морхауза, он получил атомный вес частиц хвоста. Исходя из значений атомных весов и учитывая вид спектра хвоста, Аристарх Аполлонович стремился определить химический элемент или химические соединения, из которых должна состоять данная деталь хвоста кометы, В 1927 г. он публикует интересное исследование, посвященное физическому строению кометных хвостов.

[Дальше](#)

II . Исследования Солнца

Желая продолжить московские наблюдения Ф. А. Бредихина над спектрами протуберанцев, А. А. Белопольский почти с первых лет пребывания в Пулкове, с 1891 г., начал систематические наблюдения спектров протуберанцев и выбросов (эрупций). Эти наблюдения он производил, используя временно заимствованный у Московской обсерватории спектроскоп прямого зрения. Спектроскоп монтировался на гелиометре, объектив которого давал изображение Солнца на щели спектроскопа. В 1917 г. для тех же целей был применён фотографический метод с использованием дифракционного спектрографа, монтированного на гелиографе. Эти наблюдения были недостаточно точными, и Аристарх Аполлонович, повидимому, предполагал использовать их для статистических целей в связи с 11,5-летним циклом солнечной активности.

Тщательные наблюдения Солнца производились на 76-сантиметровом рефракторе с трехпризменным спектрографом. При этом А. А. Белопольский ставил перед собой задачу, весьма актуальную и в настоящее время, а именно, изучение движений вещества в атмосфере Солнца и образований на его поверхности по всему диску. Одновременно он исследовал и поведение линий: изменение их формы, искривление, расщепление на ряд компонент, появление эмиссии или самообращения и т. д. На том же инструменте уже с 1890 г. Белопольский начал наблюдения скорости вращения Солнца на разных широтах. Эта работа явилась продолжением его исследований закона вращения Солнца, выведенного по движениям пятен (1886 г.), по факелам (1892 г.) и по лабораторным опытам. Однако необходимой точности Белопольскому удалось достигнуть только в 1925 г. с вводом в действие мощного дифракционного солнечного спектрографа.

В 1904 г. на международном съезде астрономов и математиков в Сен-Луи было решено по предложению Хэла организовать Международный союз (МКС) для кооперации исследований Солнца. Это решение отражало практическую важность этой проблемы, выполняемой различными методами и в разных странах.

На заседании Физико-математического отделения Академии наук в Петербурге 17 ноября 1904 г. было решено создать русское отделение комиссии по исследованию Солнца (КИС). В него вошли четыре академика: физики - Б. Б. Голицын, М. А. Рыкачев, астрономы - О. А. Ба-г клунд и А. Д. Белопольский. При этом им было дано право привлечь в русское отделение крупных русских учёных. В расширенную комиссию под председательством А. А. Белопольского вошли Н. А. Умов, П. Н. Лебедев, Д. И. Менделеев, В. А. Михельсон, О. Д. Хвольсон, А. П. Ганский, В. К. Цераский, Д. И. Дубяго, А. Л. Гершун и другие. Первое заседание комиссии состоялось в январе 1905 г. В том же году А. А. Белопольский участвовал в заседании международной комиссии в Оксфорде, где выступил с программой будущих исследований Солнца в России, проводящихся в Пулкове, Одессе, Ташкенте и т. д. Программа была напечатана в протоколах КИС № 31 за 1905 г. В программу, в частности, вошло определение температуры ядер солнечных пятен по пирометрическому методу П. Н. Лебедева.

Работа солнечной комиссии, однако, не ограничивалась только изучением Солнца. Например, на одном из заседаний специально обсуждался вопрос об организации контрольных наблюдений за прозрачностью атмосферы и спокойствием изображений; доклад по этому вопросу сделал П. Н. Лебедев. Выступавшие Г. А. Тихов и А. П. Ганский сообщили о наблюдениях качества изображений и зодиакального света в Крыму*).

По решению Международного союза предполагалось с 1910 г. начать систематические наблюдения над вращением Солнца спектроскопическим методом и продолжать эти наблюдения хотя бы один 11,5-летний цикл. Для облегчения этой работы весь спектр был разделён на участки по числу обсерваторий с одним общим для всех участков в области 4200-4250 А для последующей редукции. Пулковская обсерватория получила участок от

3800 до 4000 А. Для выполнения этой работы А. А. Белопольский заказывает в 1912 г. специальный спектро-²Раф, упомянутый выше. Но ещё в 1905-1906 гг. Бело-польский начинает исследования с имеющимся трёхприз-

*) Архив АН СССР, фонд 706, опись 2, № 6. .

плазменным спектрографом. При этом он не ограничивался только определением лучевых скоростей, а изучал также поведение спектральных линий в ультрафиолетовом участке и спектры различных солнечных образований. В 1906 г. им было опубликовано интересное исследование под названием "О спектре солнечных пятен".

В 1915 г. А. А. Белопольский публикует первую в России работу по спектрофотометрии "О температуре солнечных пятен". Эта работа была посвящена памяти проф. П. Н. Лебедева, который сделал первые определения температуры солнечных пятен с помощью оптического пирометра. Аристарх Аполлонович определял температуру пятен по относительной интенсивности непрерывного спектра пятна и фотосферы в области кальциевых линий H и K (Ca I I) . Для вычисления температуры он воспользовался формулой Планка, как это делается и в настоящее время. Температура пятен получилась равной 3500°, что находится в согласии с новейшими определениями по интенсивностям линий в спектре, а также в согласии с тем, что спектральный тип пятен более поздний, чем Солнца, и соответствует типам K0-K5.

В годы после Великой Октябрьской социалистической революции русское отделение Международного союза было упразднено, а взамен него в 1930 г. организована комиссия по исследованию Солнца (КИСО), которую до 1934 г. возглавлял Аристарх Аполлонович.

Необходимо остановиться на наблюдениях Солнца во время полных затмений, которые производились Аристархом Аполлоновичем в пулковский период его научной деятельности. Успешным было наблюдение полного затмения 1896 г. на Амуре в селе Орловском. Это затмение Аристарх Аполлонович наблюдал вместе с А. Р. Орбинским и Ф. Ф. Витрамом. В этой экспедиции в момент полной фазы затмения Аристарх Аполлонович впервые получил фотографическим способом спектр короны с двухминутной экспозицией. Спектр оказался недодержанным и поэтому после возвращения в Пулково был усилен химическим ешь собом. По обе стороны от лунного края был виден непре[^]рывный спектр с линиями излучения, пересекающими его и идущими ещё дальше от лунного края. По наклону линий была определена скорость вращения короны, которая изменялась с расстоянием от центра Солнца. Этот результат показывал, что вращение короны не походит на вращение твёрдого тела.



А. А. Белопольский в 1896 г. на Амуре в день сол- . нечного затмения (слева - А. Р. Орбинский).

Аристарх Аполлонович Специально готовился к наблюдению полного затмения 1907 г. в Туркестане близ Ура-Гюбе. Для наблюдения спектра короны он предполагал использовать светосильный), спектрограф, рассчитанный на широкий участок спектра, но, к сожалению, погода вовремя этого затмения совершенно не благоприятствовала наблюдениям, ' "

[Дальше](#)

III . **Исследования звёзд**

Спектроскопические наблюдения звёзд, производившиеся А. А. Белопольским с 1892 г., были особенно успешными. В 1892 г. в созвездии Возничего вспыхнула новая звезда; спектр этой звезды Аристарх Аполлонович тщательно наблюдал. Определённые им скорости расширения атмосферы новой Возничего представляют и в настоящее время ценнейший материал. Эти исследования были повторены и расширены во время наблюдений за спектрами новых, вспыхнувших в последующие годы: новой Персея 1901 г., новой Близнецов 1912 г., новой Орла 1918 г., новой Лебеда 1920 г. и т. д. При этом, например, у новой Персея были обнаружены периодические изменения скорости расширения атмосферы в течение последующих максимумов. После того как эта звезда стала слабой, А. А. Белопольский наблюдал её на 76-сантиметровом рефракторе с окулярным спектроскопом. Аристарх Аполлонович не ограничивался только изучением лучевых скоростей новых, а изучал также и поведение линий в их спектрах (изменение яркости, дробление на компоненты, появление или исчезновение и т. д.). Все эти исследования исключительно интересны, так как производились в то время, когда гипотеза взрыва, используемая теперь для объяснения вспышки новой и движения оболочек, ещё только намечалась. Кроме того, некоторые наблюдения А. А. Бело-польского оказались уникальными, ибо не могли быть сделаны в других местах из-за пасмурной погоды.

Наблюдения за спектрами обычных звёзд А. А. Бело-польский начал, собственно говоря, ещё раньше, уже в 1890 г. Начало этих наблюдений с помощью фотографического метода открывало новую эпоху в изучении движений звёзд. Лучевые скорости, которые определил Аристарх Аполлонович, были для того времени весьма точными (ошибка не более +2,6 км/сек). Потсдамские определения 1889-1891 гг. (Фогель, Шайнер), единственные, которые могли бы конкурировать с пулковскими, были отягощены большой систематической ошибкой. Дальнейшего увеличения точности определения лучевых ско-

ростей удалось достичь только в 1895-1896 гг. после существенных улучшений в конструкции спектрографов и, особенно, в конструкции подвеса спектрографа к телескопу. Систематические наблюдения А. А. Белопольский начал лишь в 1893 г., имея целью определение лучевых скоростей звёзд, доступных 76-сантиметровому рефрактору, для создания каталога лучевых скоростей звёзд ярче $2,5-4^m,5$ (около 200 звёзд), для вывода скорости и координат апекса солнечного движения.

Для этой цели Белопольский в 1893 г. начал наблюдения опорных звёзд каталога ("звёзды со стандартными скоростями"). С 1901-1902 гг. по предложению Иеркской обсерватории он включился в международную программу наблюдения лучевых скоростей фундаментальных стандартных звёзд (участники: Пулково, Медон, Лик, Иеркс). Однако Аристарх Аполлонович вскоре убедился, что климатические условия Пулкова не благоприятствуют быстрому наблюдению звёзд каталога, поэтому он ограничился наблюдениями только стандартных звёзд. Но хорошее качество изображений и прозрачность атмосферы в Пулкове, умение использовать имеющееся оборудование позволили Аристарху Аполлоновичу производить точные определения лучевых скоростей отдельных звёзд, не требующие привязки друг к другу на протяжении значительного времени.

Упомянутые исследования вместе со значительным расширением астроспектроскопических лабораторных работ привели в конце XIX в. к созданию оригинального пулковского направления в астроспектроскопии, к созданию отечественной астроспектроскопической школы. Создателями этой школы были Ф. А. Бредихин и его бывший ученик А. А. Белопольский, ставший крупнейшим учёным с мировым именем.

Большое внимание уделял А. А. Белопольский обнаружению и исследованию лучевых скоростей спектрально-двойных звёзд. В течение всего пулковского периода своей **работы** Аристарх Аполлонович непрерывно изучал Алголь (ρ Персея), переменность лучевой скорости которого он и открыл. По его спектру он же в 1906 г. заподозрил наличие третьего тела в системе Алголя. Многие другие спек-

трально-двойные звёзды были впервые открыты А. А. Бело-польским или систематически наблюдались им, например δ Лирь, α^1 Близнецов, α^2 Близнецов, λ Тельца, β 1 Лебеда, ζ 3 Возничего, α Малой Медведицы, τ) Большой Медведицы, α Лирь и т. д. Оказалось, что у одних звёзд спектры свидетельствуют о переменных лучевых скоростях и имеют раздваивающиеся линии (например, δ Возничего, λ Тельца), а другие дают переменные лучевые скорости, но одиночные линии (например, α^1 и α^2 Близнецов).

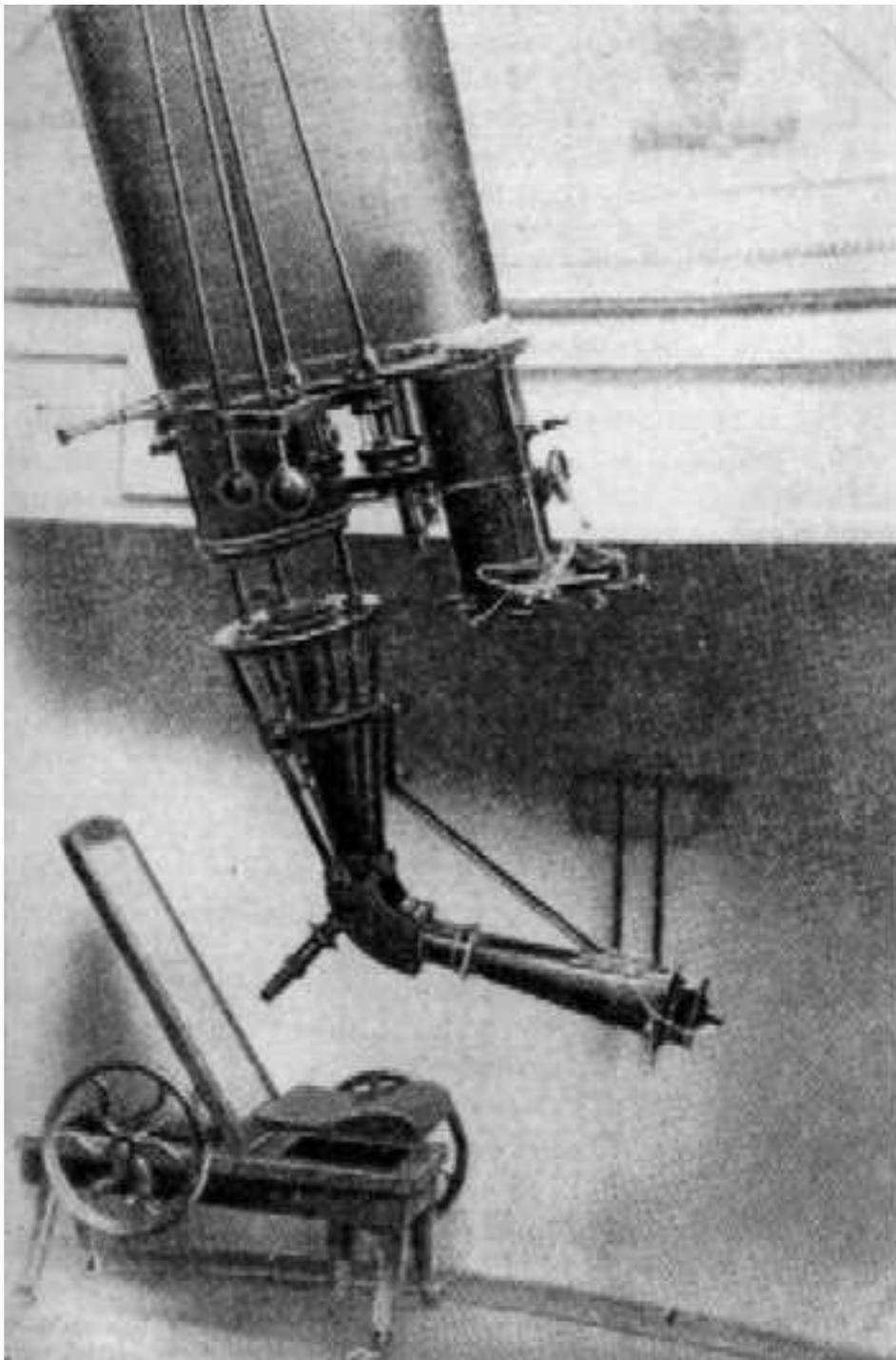
Для большинства спектрально-двойных звёзд А. А. Бело-польский определил элементы орбиты и их изменение. Изменения элементов наблюдаются в случае наличия возмущающих сил, например влияния ещё неизвестного третьего тела или деформации (сжатия) центрального тела.

Большое внимание Аристарх Аполлонович уделял и спектрально-переменной звезде-цефеиде α Малой Медведицы, элементы которой он определял каждые два года. Он обнаружил, что скорость центра тяжести и долгота периастра этой системы изменяются.

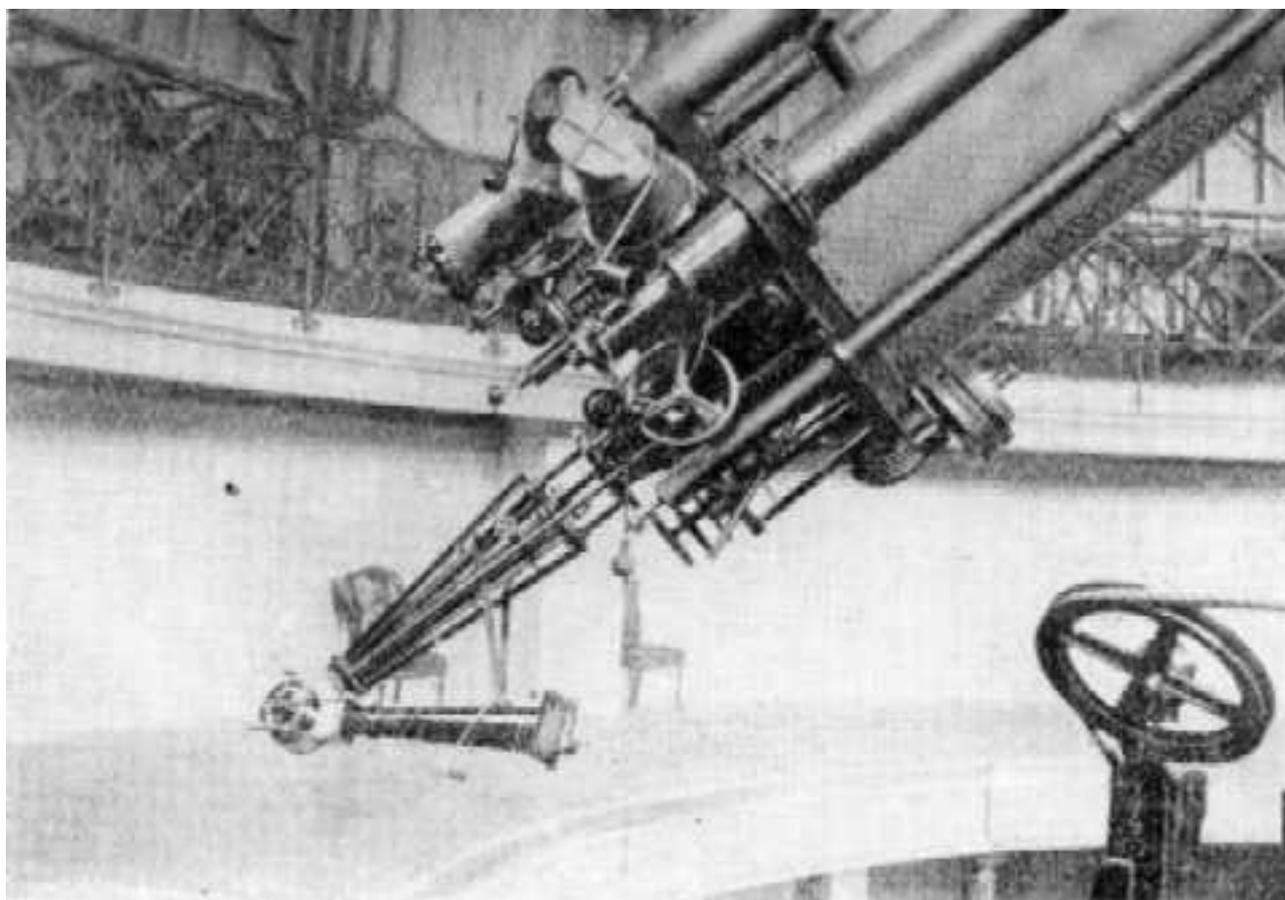
Длительное время А. А. Белопольский наблюдал спектрально-двойные звёзды у Геркулеса, γ 3 Лирь, δ Возничего и т. д. Особенно интересные результаты были получены при изучении δ Возничего, наблюдения которой были обработаны Г. А. Тиховым. Целью этого исследования была попытка обнаружения космической дисперсии света по определению орбитальных скоростей компонентов спектрально-двойной звезды и вычислению момента заданного расположения двух звёзд на орбитах в какой-либо определённой фазе. В случае наличия нормальной космической дисперсии моменты соединения, вычисленные по разным длинам волн, не будут совпадать друг с другом: для более коротких волн будет запаздывание, что объясняется уменьшением фазовой скорости при уменьшении длины волны.

Позднее, работая практикантом в Пулкове в 1905 г., а с 1906 г. сверхштатным адъюнкт-астрономом, Г. А. Ти-хов продолжил эти исследования, обнаружив запаздывание коротких лучей ζ Возничего на двадцать минут.

Вопросом изучения, скоростей β Возничего в связи с гипотезой о космической дисперсии света занимался



Пулковский нормальный астрограф с призмным спектрографом А. А. Белопольского.



также и А. А. Белопольский. В 1903, 1904, 1906 и 1909 гг. он публикует свои результаты по этому вопросу, а в 1906 г. печатает статью в связи с возражениями, сделанными П. Н. Лебедевым ("Об особенностях спектра, ζ Возничего"). Результаты современных спектроскопических исследований показывают, что в вопросе о существовании космической дисперсии Аристарх Аполлонович занимал более правильную позицию, хотя космическая дисперсия света не обнаружена до настоящего времени *). В 1908 г. Г. А. Тихов предложил для её обнаружения новый, более точный фотометрический метод. В этом методе путём применения светофильтров изучались запаздывания минимумов кривых блеска, соответствующих более коротким длинам волн. Явление запаздывания было действительно обнаружено в 1908 г. у затменно-переменных звёзд $R\Gamma$ Персея и \bar{W} Большой Медведицы и получило название "явления Тихова - Нордмана" (Нордман независимо наблюдал его в те же годы). Это явление весьма интересно, хотя его связь с космической дисперсией оспаривалась в 1909 г. П. Н. Лебедевым, который правильно приписал его атмосферам звёзд. Явление было объяснено лишь в 1935 г. (в работе Э. Р. Мустеля) действием приливной волны на главной звезде. Позднейшие наблюдения показали, что у некоторых звёзд явление имеет обратный знак (запаздывают красные лучи), а у некоторых вообще отсутствует. Однако всё же, учитывая наличие межзвёздного избирательного поглощения, космическую дисперсию следует иметь в виду, хотя её роль в цитированных работах и была значительно преувеличена **).

Большое внимание уделял А. А. Белопольский и наблюдению цефеид, сделав при этом ряд открытий. В 1894 г. он открывает синхронную, но не совпадающую по фазе с изменением блеска переменность лучевой скорости

*) Поскольку существует межзвёздная избирательно поглощающая среда (например, межзвёздный кальций), должна существовать и космическая (межзвёздная) дисперсия света, хотя, быть может, и очень незначительная.

***) Более подробно этот вопрос освещен в "Комментариях".

звезды δ Цефея, а в 1911 г. - изменение скорости её "центра тяжести" (первоначально δ Цефея считалась спектрально-двойной). Период изменения лучевой скорости оказался совпадающим с периодом изменения блеска. Формы кривых изменения лучевой скорости и блеска также оказались похожими, однако с максимальной отрицательной лучевой скоростью вблизи нулевой фазы, т. е. вблизи максимума блеска, и обратным явлением в минимуме. В 1896 и 1899 гг. аналогичные изменения лучевой скорости были открыты Белопольским у цефеид - ζ Орла и ϵ Близнецов. Значительно позднее, в 1912 г., А. А. Бело-польский заподозрил существование изменений интенсивности линий в спектре цефеид и, в частности, у δ Цефея. Эти изменения действительно были обнаружены и изучены ученицей А. А. Белопольского в Пулкове И. Н. Леман. В дальнейшем Аристарх Аполлонович обнаружил изменения интенсивности линий в спектрах ϵ Орла и ϵ Близнецов. Эти результаты убедительно говорили против гипотезы о двойственности цефеид и в пользу гипотезы их пульсации. Гипотеза о пульсации цефеид была впервые высказана в 1896 г. физиком Н. А. Умовым, одним из оппонентов во время защиты докторской диссертации А. А. Бело-польским в Московском университете (вторым оппонентом был В. К. Цераский).

Не менее успешными были наблюдения над спектрально-переменной звездой α^2 Гончих Псов, в спектре которой Аристарх Аполлонович обнаружил изменения и большие возмущения лучевых скоростей. В спектре этой звезды им были найдены две группы линий: линии первой группы почти не изменяют своего положения и интенсивности, а линии второй, наоборот, изменяются с периодом в 5,5 дня. Ко второй группе относятся линии водорода и некоторых редкоземельных элементов. Эти работы А. А. Белопольского побудили многие европейские обсерватории специально заняться поисками других подобных звёзд, которые и были найдены среди звёзд типа Ар. Звезду α^2 Гончих Псов Аристарх Аполлонович наблюдал более тридцати лет.

Длительные ряды наблюдений проводил А. А. Бело-польский и над ранними нестационарными звёздами: Р Ле-

беда, - δ Кассиопеи, α Цефея и другими. Звезда α Цефея была открыта как переменная в Пулковке, после чего её и начал наблюдать Аристарх Аполлонович, открыв при этом, что её лучевая скорость также меняется, а линии поглощения периодически появляются и исчезают.

Ценнейшими результатами работы А. А. Белопольского являются спектроскопические определения параллаксов и линейных размеров визуально-двойных звёзд (например, - δ Девы и - ϵ Льва), которые были сделаны посредством измерения их индивидуальных лучевых скоростей. Кроме того, А. А. Белопольский провёл опытные наблюдения по определению спектральных параллаксов звёзд.

[Дальше](#)

IV. **Лабораторные опыты**

Все астроспектроскопические наблюдения А. А. Бело-польский сочетал с лабораторными исследованиями. Эта работа проводилась в тесном контакте с ведущими физиками России: П. Н. Лебедевым, В. А. Михельсоном, Д. С. Рождественским и другими. Особенно тесно в последние годы жизни он был связан в своей работе с Д. С. Рождественским. Аристарх Аполлонович провёл целый ряд исследований, имеющих не только прикладной астрофизический, но и самостоятельный физический интерес: достаточно указать на изучение свечения гейслеровых трубок (1918 г.). Он изучил спектры углеродистых соединений, что имеет непосредственное отношение к исследованию спектров комет и звёзд поздних классов. Кроме того, он изучил спектры соединений азота, кислорода и других газов. Им подробно был изучен спектр гелия (1896 г.) сразу же после того, как гелий был открыт на Земле.

Большое внимание уделял А. А. Белопольский изучению спектров минералов, имеющих важное практическое значение. Например, в 1912-1913 гг. по просьбе академика В. И. Вернадского он детально изучил спектр минерала рутила. Следует отметить, что Аристарх Аполлонович в большинстве случаев стремился улучшить методику исследования и своими силами собрать необходимую установку. Так, например, ещё в Москве он самостоятельно собрал установку для моделирования вращения Солнца, о чём мы упоминали выше. Но наиболее блестящим экспериментом был опыт А. А. Белопольского по лабораторной проверке принципа Допплера - Физо.

Этот принцип был сформулирован Х. Допплером в 1842 г. и в применении к звуковым колебаниям был проверен экспериментально. В применении к свету Х. Доп-плер высказал ошибочное суждение, считая, что при движении звезда должна изменять свой цвет для земного наблюдателя. На самом деле цвет светила заметно не может измениться. Даже в случае громадных скоростей звёзд по направлению к Земле красные лучи перейдут в жёлтую часть спектра (и следовательно, будут действительно другими, жёлтыми), но их место в спектре займут ближайšie инфракрасные лучи (которые станут в этом случае красными). Таким образом, граница наблюдаемого спектра при этом не изменяется, так что установить движение звезды по её цвету почти невозможно. Его можно установить лишь по смещению дискретных, почти монохроматических линий спектра, которые будут смещаться при движении источника. Подобное толкование принципа Допплера в применении к свету было сформулировано в 1848 г. И. Физо в его лекции, которая была напечатана лишь в 1870 г.

Несмотря на то, что принцип в этом случае был применён правильно, несовершенная спектроскопическая техника не позволила использовать его для определения скоростей движения светил. Если не считать некоторые неудачные попытки визуальных определений лучевых скоростей в шестидесятых годах XIX в., то систематические определения лучевых скоростей начались лишь на тридцать лет позднее. Пионером в этих определениях был А. А. Бело-польский, который впервые применил для этой цели фотографический метод. Он уже в 1894 г., на девятом съезде Общества испытателей природы, сделал доклад о применении принципа Допплера к изучению явлений в спектрах светил.

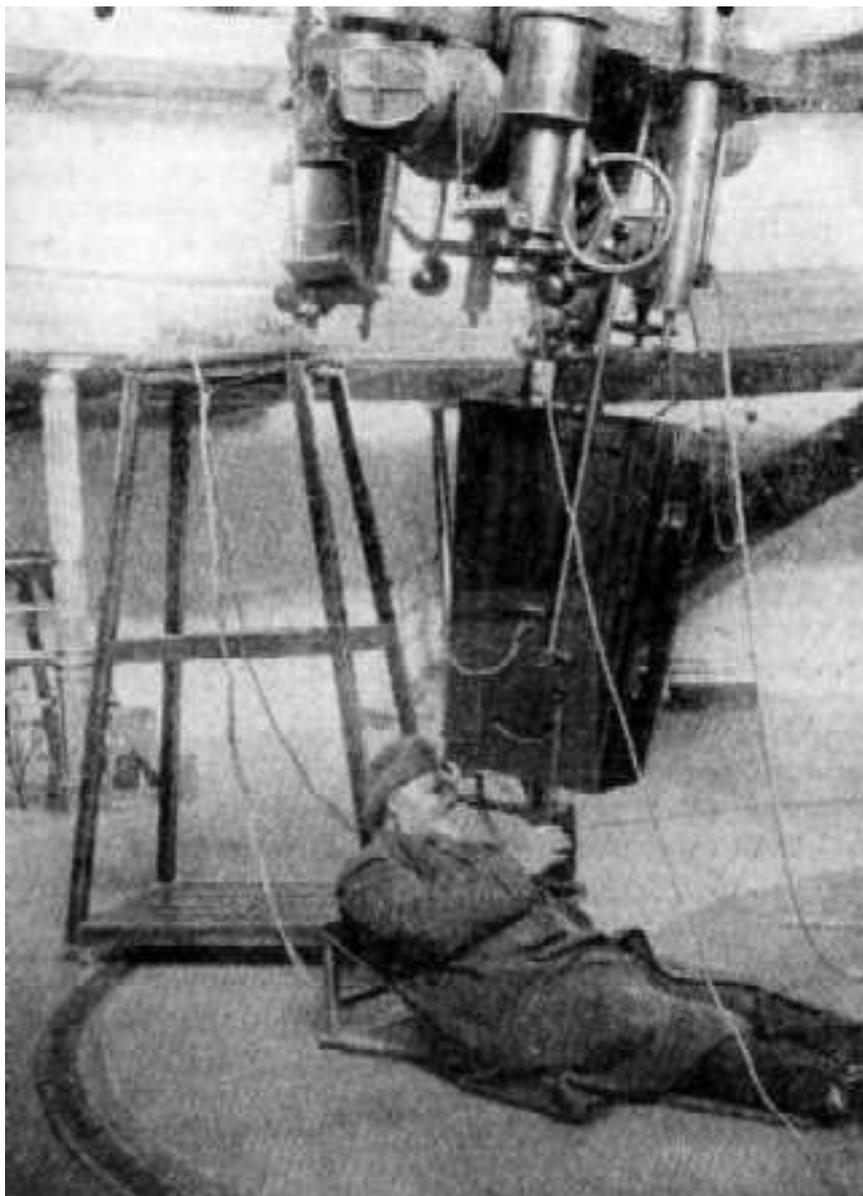
Первые достаточно точные спектроскопические наблюдения орбитальных лучевых скоростей Венеры и Луны показали хорошее согласие с эфемеридами. Казалось, что применимость принципа Допплера к свету можно было считать доказанной. Однако даже в конце XIX в. многие учёные сомневались в справедливости применения принципа Допплера к световым (поперечным) колебаниям, которые принципиально отличаются от звуковых (продольных) колебаний. Для окончательного решения этого вопроса требовалась лабораторная проверка принципа Доп-плера. Но как в земных условиях получить достаточно большие скорости источника света, которые дали бы заметные смещения

спектральных линий? Эта трудность и была преодолена А. А. Белопольским. Идея прибора возникла у него ещё в 1894 г., но была реализована только в 1894-1901 гг. С точки зрения принципа Допплера безразлично, движется ли источник излучения или его изображение. Поэтому Белопольский использовал многократное отражение света от вращающихся навстречу друг другу (или, наоборот, друг от друга) плоских зеркал. Таким путём удалось получить скорость движения изображения порядка 1 км/сек, что могло быть измерено с помощью хорошего лабораторного спектрографа при узких линиях. Этот эксперимент доказал правильность применения принципа Допплера к световым колебаниям. Позднее, в 1907 г., принцип Допплера был снова проверен Б. Б. Голицыным и И. Виллипом, применившими для этой цели интерференционный спектрограф (эшелон) большой дисперсии.

Много опытов произвёл А. А. Белопольский и по улучшению уже полученных негативов спектрограмм. Он разработал весьма эффективный метод "подчёркивания" слабых линий путём многократной перепечатки негативов.

[Дальше](#)

∇. **Конструирование и исследование инструментов**



Большую работу проводил А. А. Белопольский по исследованию и улучшению существующих инструментов, а также и по постройке новых как в мастерских обсерватории, так и на заводах. В 1907 г. он публикует интересное исследование объектива 76-сантиметрового рефрактора. По чертежам А. А. Белопольского пулковские мастерские изготовили весьма совершенный, работающий и в настоящее время микроскоп-микрометр для измерения спектрограмм. Аналогичным образом был изготовлен спектрокомпаратор, который А. А. Белопольский изобрёл раньше И. Гартмана, о чём свидетельствуют архивные материалы *). Очень интересным был светосильный спектрограф для изучения спектров слабых звёзд, туманностей и звёздных скоплений. С этим спектрографом Аристарх Аполлонович снимал в 1922 г. спектр шарового скопления в Гончих Псах. Из-за плохой погоды необходимая, очень длинная выдержка (около 20 часов) не могла быть сделана, и спектр оказался недодержанным.

В 1897 г. А. А. Белопольский в белые ночи монтирует на 76-сантиметровый рефрактор оригинальный дифракционный спектрограф. Камера его была очень длинной, с фокусным расстоянием 1,5 м. Спектрограф употреблялся для изучения движения вещества на Солнце. Затем на тот же большой рефрактор монтируется портативный однопризменный спектрограф и, наконец, специальный трёхпризменный спектрограф IIII, имеющий в качестве

объектива камеры систему "хромат" Цейсса. Этот объектив, при большом наклоне фотопластинок, давал большой участок достаточно резкого спектра. В 1910 г. Белопольский изготавливает специальное приспособление к 76-сантиметровому рефрактору, которое позволило фотографировать прямые изображения светил без съёмки подвешенного спектрографа (фотопластинки помещались на щели спектрографа), что значительно облегчало работу.

В 1909-1910 гг. солнечный спектрограф $\text{I}\nabla$ переделывается А. А. Белопольским в спектрогелиограф с полем в одну квадратную минуту дуги, дающий возможность фотографировать поверхность Солнца. В 1911 г. А. А. Бело-польский монтирует этот спектрограф на большой

*) См. О. А. Мельников, *О приоритете отечественной спектроскопии*, АЖ, XXX, 1953,

А. А. Белопольский во время наблюдения на 30-дюймовом рефракторе с трёхпризменным спектрографом (Пулково, рефрактор, снабдив его предварительно искривлённой щелью для наблюдения за осевым вращением планет. В 1913-1914 гг. на спектрографе III монтируется новый объектив, также типа "хромат", но несколько изменённый.

В 1915-1916 гг. Аристарх Аполлонович смонтировал диффракционный спектрограф на кометоискатель для пробных наблюдений Солнца (активность Солнца в эти годы усилилась).

Как уже указывалось, в 1912 г. А. А. Белопольский заказывает 7-метровый диффракционный спектрограф для Солнца, с дисперсией 0,76 ангстрема на миллиметр (в третьем порядке) и руководит исполнением заказа. Однако окончание заказа было прервано разразившейся первой мировой войной.

* * *

Такова краткая характеристика работы А. А. Бело-польского в пулковский период его научной деятельности. Работы Аристарха Аполлоновича были высоко оценены как в России, так и за границей. Его избирают в Петербургскую Академию наук сначала адъюнктом (в 1900 г.), затем экстраординарным (1903 г.) и ординарным (1906 г.) академиком. В 1910 г. А. А. Белопольского избирают в члены-корреспонденты Королевского астрономического общества в Лондоне, в 1907 г. - в члены итальянского общества спектроскопистов, а французская Академия наук присуждает ему в 1898 г. золотую медаль Жансена, а в 1918 г. премию Лаланда.

А. А. Белопольский имел три медали и три почётных иностранных звания. Он получил также две премии от Русского астрономического общества в Петербурге, в которое был избран почётным членом. От одной премии от Общества русских естествоиспытателей и врачей он отказался в пользу молодых учёных, так как считал себя достаточно обеспеченным *). Аристарх Аполлонович был избран почётным членом Нижегородского кружка любителей физики и астрономии, а также Московского общества любителей астрономии.

Аристарх Аполлонович сам никогда не переоценивал результаты своих работ и скорее всегда склонен был недооценивать их. Но всё-таки главное значение он придавал собственным результатам наблюдений, а не взятым из литературных источников. Он говорил: "Нам, чернорабочим в астрономии (т. е. наблюдателям, - прим. ред.) и некогда уследить за чужими трудами" *).

Работая в Пулкове, А. А. Белопольский, как и в Москве, помимо научных исследований занимался преподаванием. С 1908

по 1916 г. он читал курс астро-спектроскопии на Высших женских курсах в Петербурге. Подобный курс в России читался только в этом учебном заведении.

Аристарх Аполлонович также активно участвовал в работе Русского астрономического общества, которое начало свою деятельность с 1890 г., хотя и было основано раньше (в 1879 г.). Основателем этого Общества был С. П. Глазенап. Активное содействие в организации Общества было оказано Ф. А. Бредихиным, который был его первым президентом. Почти одновременно был создан и печатный орган "Известия Русского астрономического общества", на страницах которого Аристарх Аполлонович часто публиковал свои исследования. Помимо научной деятельности, Общество ставило своей задачей и популяризацию астрономических знаний в широких кругах населения. Подобные учреждения и общества далеко не поощрялись при царизме. Характерно, что О. В. Струве - ранее директор Пулковской обсерватории - был против учреждения подобного общества, считая, что вполне достаточно существующего германского. Объединив большинство русских астрономов и любителей, как петербургских, так и московских, Общество сыграло большую роль в развитии отечественной астрономии.

В 1901 г. в Петербурге был** организован кружок любителей астрономии "Русская Урания", который в 1912 г,

Архив ДН СССР, фонд 706, опись 2, № 5, стр. 7,

*) Архив АН СССР, фонд 706, опись 1, № 124, стр. 132,

был преобразован в "Естественно-историческое общество популяризаторов "Русская Урания"". Примерно в это же время, в 1910 г., в Петербурге было организовано любительское мироведческое общество, имевшее свой печатный орган. 23 января 1916 г. в Пулкове начал активно работать астрономический кружок, на заседаниях которого часто выступал Аристарх Аполлонович. Наконец, 6 апреля 1917 г. при активном участии Аристарха Аполлоновича в Пулкове собирается первый в России астрономический съезд. На этом съезде организуется 7(20) апреля 1917 г. "Всероссийский астрономический союз" с утверждённым уставом. Уже в январе 1918 г. выходит первый выпуск печатного органа Союза. Второй съезд собирается в 1920 г., третий - в 1924 г. и т. д. В связи с организацией Всероссийского астрономического союза Аристарх Аполлонович сказал: ". . . в настоящее время я рад, что могу сообщить об осуществлении надежды моего дорогого учителя Ф. А. Бредихина, писавшего в 1892 г. в отчёте обсерватории: "...следует ожидать, что в ближайшем будущем все русские обсерватории составят одну дружную семью, члены которой вследствие различия в географическом положении и климате призваны, так сказать, быть дополнением друг к другу в общей научной деятельности"". Далее Аристарх Аполлонович продолжил: "...Сейчас по инициативе пулковских и университетских астрономов в целях научного общения было сделано обращение к Академии наук с просьбой о разрешении учреждения при ней Русской астрономической ассоциации. Академия наук со своей стороны исходатайствовала у Правительства разрешение первого организационного съезда 5-8 февраля для подготовительных работ по организации будущих научных астрономических съездов".

Однако действительно новое развитие астрофизика, как и все другие науки, получила только после Великой Октябрьской социалистической революции. Это было начало новой, коллективной науки, науки для народа, а не науки учёных-одиночек. Все последующие успехи астрофизики и астрономии вообще были результатом работы большой армии учёных, среди которых было много молодых учёных, выросших из народа и вместе с передовыми представителями старой науки служивших народу, на благо и процветание своей Родины.

Развитие астрономической науки после 1919 г. характеризуется быстрым ростом отечественных астрономических кадров из рядов молодёжи. Двери университетов и институтов были широко открыты для трудящихся, и в связи с этим значительно оживилась преподавательская деятельность. Посильное участие в этой работе принял и Аристарх Аполлонович. Уже с 1917 г. он начал читать в Петроградском университете курс лекций по астро-спектрологии, который и продолжал читать до 1921 г. Там же с 1919 г. начал читать лекции по астрофото-метрии Г. А. Тихов. В это трудное время, в период больших восстановительных работ, в 1921 г. выходит в свет первый том курса астрофизики - "Астроспектро-скопия" А. А. Белопольского. Вскоре за этим курсом в 1922 г. выходит второй том - "Курс астрофотометрии" Г. А. Тихова. В 1923 г. А. А. Белопольский сдаёт в издательство большую книгу "Солнце", которая, однако, не была напечатана (по неизвестной причине).

В послеоктябрьский период развития астрофизики организуется несколько новых институтов и обсерваторий. В 1921 г. в Москве возник Организационный комитет Главной Российской астрофизической обсерватории и при нём астрофизическое Собрание, в которое, в частности, вошёл и А. А. Белопольский. По соглашению с Организационным комитетом Пулковская обсерватория взяла на себя подготовку кадров астрономов для будущей астрофизической обсерватории, а также принимала участие в разработке программы обследовательских экспедиций для выбора места обсерватории.

В том же 1921 г. в Москве был организован Российский астрофизический институт, который в 1923 г. был преобразован в Государственный астрофизический институт, укомплектованный в основном молодыми специалистами. В 1932 г. этот институт вместе с Московской обсерваторией и геодезическим институтом был преобразован в Государственный астрономический институт им. Штернберга, существующий и в настоящее время,

В 1924 г. вышел в свет первый номер отечественного "Астрономического журнала".

В более поздние годы возникли Сталинабадская, Аба-стуманская, Бюраканская обсерватории и многие другие, но это были уже годы, когда мы работали без Аристарха Аполлоновича.

В первые годы после революции, как и до 1917 г., астроспектроскопические работы велись в основном в Пулковской обсерватории, научный штат которой возрос с 18 до 50 человек. Директором её с декабря 1916 г. по июнь 1919 г. был А. А. Белопольский (с 1908 по 1916 г. он был вице-директором, а позднее, с 1933 г., согласно приказу Наркомпроса СССР, - почётным директором).

В послереволюционный период научная и общественная деятельность Пулковской обсерватории была коренным образом изменена, что и обеспечило дальнейшее развитие астроспектроскопии и астрофизики вообще - работа, в которую примерно с 1925 г. включилось и Симеизское отделение обсерватории.

Приняв на себя пост директора, А. А. Белопольский в своём первом отчёте, уже после февральской революции, писал: "... Принимая на себя управление обсерваторией, мне хотелось бы, чтобы пополнение убыли персонала производилось бы за счёт окончивших курс в русских учебных заведениях, чтобы главными научными задачами были задачи, созданные в нашем учреждении, а извне принимались бы только такие, выполнение которых не было бы обузой пулковским работам. Я желал бы, чтобы новые научные приборы при малейшей к тому возможности строились бы пулковской мастерской или вообще в России. Силы у нас для этого есть: их нужно только поощрить".

Эти слова Аристарха Аполлоновича характеризуют его как истинного патриота своей Родины, желающего её процветания и благополучия. Именно поэтому А. А. Бело-польский, никогда не любивший административной работы,

согласился взять на себя пост директора, да ещё в очень трудное время. Это было в тот период, когда в ноябре 1917 г. буквально около Пулкова произошёл бой между красногвардейцами и белоказаками. Именно благодаря инициативе нового директора Пулковской обсерватории удалось уберечь от пуль объектив большого рефрактора, убранный на это время в подвал. В конце октября 1919 г. бои около Пулкова разгорелись снова: Красная Армия сражалась против белогвардейских банд Юденича, поддерживаемых иностранными державами. И снова ценнейшее оборудование обсерватории было спасено.

В 1919 г. перед баллотировкой на пост директора Пулковской обсерватории в Академии наук (согласно новым правилам по управлению обсерваторией) А. А. Белопольский снял свою кандидатуру. Директором был избран А. А. Иванов, а Аристарх Аполлонович вернулся к своим любимым занятиям в лаборатории и на инструментах.

В первые годы после революции, когда со снабжением продуктами питания, топливом и научными материалами возникли серьёзные затруднения, деятельность обсерватории была всё же очень активной. Весьма энергично работал и сам Аристарх Аполлонович. Это оказалось возможным потому, что Советское Правительство уже с первых дней после революции уделяло большое внимание развитию отечественной науки, укреплению научных учреждений, пополнению их научными кадрами. Об этом свидетельствуют архивные материалы *) и первый послереволюционный устав, утверждённый коллегией Академического центра 28 октября 1921 г.

В этом уставе Пулковская обсерватория была названа Главной Российской астрономической обсерваторией (ГРАО). Уже в 1919 г. штаты обсерватории были значительно увеличены. С 8 декабря 1917 г. в обсерватории начал работать совет астрономов, организованный после обсуждения на общем собрании. Таким образом, права директора были несколько ограничены и подчинены задачам и желаниям коллектива обсерватории. Культурно-просветительная деятельность обсерватории после революции значительно расширилась, что можно видеть по отчётам обсерватории (экскурсии,

*) Б. А. Орлов, "Пулковская обсерватория", статья в книге "Главная астрономическая обсерватория АН СССР", 1953 г.

лекции и т. д.). В 1926 г. обсерватория была передана из системы Академии наук в ведение Наркомпроса. В связи с этим в тот же год был утверждён её новый устав, где обсерватория называется Главной государственной астрономической обсерваторией (ГГАО). В 1934 г. обсерватория была снова передана в Академию наук СССР, но и



А. А. Белопольский во время наблюдений на большом пулковском солнечном спектрографе (1926 г.). до настоящего времени она сохранила название "Главной", завоёванное ею по праву благодаря выдающимся научным результатам.

Большую роль в послереволюционный период в развитии астрофизики вообще и астроспектроскопии в частности сыграло приобретение нового оборудования и улучшение старого. Эти приобретения были особенно крупными для Пулковской и Симеизской обсерваторий. Следует отметить, что необходимые большие ассигнования Советское Правительство выделило в очень трудный для страны восстановительный период. И уже в 1923 г. в Пулкове

был получен мощный 7-метровый диффракционный солнечный спектрограф автоколлимационного типа. Дисперсия спектрографа составляла 0,76 ангстрема на миллиметр (в третьем порядке). Он был смонтирован в очень короткий срок, и в 1924 г. на этом инструменте уже производились работы. В 1925 г. был получен 40-дюймовый рефлектор для Симеиза. В 1926 г. он вступил в строй действующих инструментов. Рефлектор имел хорошее спектральное

оборудование. Примерно в это же время была получена в Пулковке и монтировка 32-дюймового фотографического астрографа, который заказывался в Англии (фирме Грэбба) для Николаевского отделения А. А. Бело-польским, как и два предыдущих инструмента. Но изготовление 32-дюймового фотографического объектива для астрографа в этот период оказалось под силу только советской оптической промышленности. Из-за войны изготовление объектива задержалось, но в 1946 г. он уже был готов полностью.

Конструкция инструментов, перечисленных выше, была ещё в 1912 г. разработана А. А. Белопольским при участии О. А. Баклунда. Всю техническую консультацию по этим заказам осуществлял также А. А. Белопольский, неоднократно посещавший заводы, на которых изготавливались инструменты.

Получив большой солнечный спектрограф, Аристарх Аполлонович установил его в здании астрофизической лаборатории. Питающий целостат, дополнительное зеркало и объектив были установлены на крыше лаборатории. Второе дополнительное зеркало было расположено внизу, на уровне первого этажа. Таким образом, установка была "башенного" типа (вертикально-горизонтальная). С этой установкой Аристарх Аполлонович и производил с 1925 г. свои знаменитые наблюдения над вращением Солнца. Угловая скорость вращения оказалась равной $14^{\circ},7$ в сутки (период вращения 24,5 суток) на экваторе и $11^{\circ},8$ в сутки (период вращения 30,4 суток) на широте 60° . Измерения спектрограмм производились на спектрокомпараторе путём сравнения спектров от двух краёв Солнца. Спектры обоих краёв получались на фотопластинке одновременно, что достигалось с помощью специального призмного устройства. Измеряемые удвоенные смещения оказывались на пулковских спектрограммах очень малыми, порядка 0,07 мм в области спектра от 3800 до 4000 Å, которую исследовал А. А. Белопольский по международному соглашению. Его ежегодные наблюдения публиковались в бюллетенях КИСО вплоть до 1934 г., т. е. до последнего года жизни А. А. Белопольского. Работа 1933 г. опубликована в бюллетене КИСО № 9 уже посмертно. Окончание этой работы было намечено на 1935 г. (полный цикл солнечной деятельности), но её прервала смерть Белопольского. Эти наблюдения были точнейшими, с ошибкой в сотые доли КМЖсеК.

Линейная скорость вращения Солнца по длинным рядам наблюдений нескольких обсерваторий, участвующих в международной программе, оказалась равной 2,07 км/сек (период вращения 24,5 суток) на экваторе и 0,28 км/сек (период вращения 32,6 суток) на полюсе. Сопоставляя различные определения угловой скорости, А. А. Белопольский установил, что она медленно изменяется приближённо пропорционально времени: 14° за сутки в 1900 г. и $13^{\circ},2$ в 1925 г. Некоторые наблюдатели считали, что эта скорость изменяется периодически и, следовательно, согласно закону сохранения момента количества движения, Солнце должно "пульсировать" подобно цефеиде, ибо его момент инерции и, следовательно, радиус также должны изменяться периодически. Однако точнейшие пулковские (и эдинбургские) наблюдения не подтвердили этого вывода, сделанного астрономами Маунт-Вилсоновской обсерватории. Изучение смещения линий в спектре Солнца по экватору показало, что скорость вращения по слабым линиям получается меньшей, чем по сильным линиям. Этот результат говорит о том, что внешние слои Солнца, которые дают сильные линии, вращаются быстрее, чем более глубокие, дающие слабые линии. Таким образом, смещение линий на экваторе является мерой высоты зарождения данной линии, хотя, правда, при этом следует иметь в виду дополнительные смещения линий, возникающие из-за наличия западно-восточных токов ("ветров") в солнечной атмосфере.

Со вновь установленным в Симеизе метровым рефлектором А. А. Белопольский уже не проводил наблюдений. На этом телескопе крупнейшие советские наблюдатели Г. А. Шайн и В. А. Альбицкий в рекордно короткий срок ($2^{1}/.?$ года) после его установки определили лучевые скорости 343 звёзд. Тем самым была выполнена та работа, которую проектировал А. А. Белопольский при постановке спектроскопических работ в Пулковке, но не смог осуществить из-за неподходящих

климатических условий.

В послереволюционные годы Аристарх Аполлонович продолжал также и свои предыдущие исследования спектрально-двойных звёзд. В 1918 г. он детально исследует орбиту звезды ζ^3 Цефея, спектр которой был позднее (в тридцатых годах) изучен также и в работе К. Ф. Ого-родникова.

В 1921 г. он публикует сводку результатов своих наблюдений новых звёзд (новые 1892, 1901, 1912, 1918 и 1920 гг.). В 1927 г. А. А. Белопольский вместе с учениками (А. В. Марковым, В. А. Россовской и др.) публикует своё заключительное 30-летнее исследование спектра звезды α^2 Гончих Псов, в котором он в 1928 г. обнаружил появление ярких линий.

В 1928 г. А. А. Белопольский детально изучает явление изменения интенсивностей линий в спектре ряда цефеид. В 1930 г. он публикует свои десятилетние (1919–1929 гг.) наблюдения за спектрально-двойной звездой Υ Геркулеса, у которой им были обнаружены изменения элементов орбиты.

В 1931 г. он открывает изменение лучевых скоростей у звезды α Лиры, что согласовалось с обнаруженным позднее изменением её яркости. Этот результат был весьма важным, так как эта звезда зачастую в программах наблюдений лучевых скоростей принимается за стандартную. Исследования орбиты Полярной звезды также продолжались вплоть до 1933 г.

В работе, опубликованной в 1929 г., А. А. Белопольский первый сопоставил с наблюдениями гипотезу "старения квантов", т. е. потери ими энергии с уменьшением частоты по мере их движения в пространстве. Исходя из этой гипотезы, он первый формально объяснил наблюдаемые в спектрах внегалактических туманностей "красные смещения" линий. Однако в настоящее время мы знаем, что уменьшение энергии кванта связано с изменением его импульса как по величине, так и по направлению. Последнее должно привести к различному изменению направлений квантов разных длин волн и тем самым к размазыванию фотографий внегалактических туманностей, чего в действительности не наблюдается. Но гипотеза Аристарха Аполлоновича сыграла большую положительную роль, так как стимулировала целый ряд космологических работ, в которых была детально изучена математическая сторона вопроса. А. А. Белопольский всегда считал, что в науке нет и не может быть остановок, наука всегда должна развиваться и идти вперёд. Аристарх Аполлонович был рад всегда, когда получал хорошее совпадение наблюдений с теорией. Но ещё больше любил он несовпадение, противоречие, ибо именно оно давало толчок для дальнейшего развития науки. Его поговоркой было: "Совпало - хорошо, не совпало - интересно".

Помимо научной работы, А. А. Белопольский редактировал переводы и сам перевёл на русский язык ряд научных статей и книг. Например, с присущей ему тщательностью и оригинальностью он редактировал перевод книги Каптейна "Строение вселенной" (1921 г.) и сделал к этой книге ценные дополнения. То же самое можно сказать и о переводе книги И. Юнга "Солнце" (1923 г.). Статью Хэла "О пятиметровом телескопе" он в 1930 г. перевёл на русский язык. Кроме литературной работы, А. А. Бело-польский принимал участие во многих комиссиях, занимающихся прикладными вопросам; так, в 1916 г. он был в составе комиссии по градусному измерению на Шпицбергене, с 1919 г. он был председателем комиссии АН СССР по исследованию верхних слоев земной атмосферы и т. д. Из всего перечисленного мы видим, что, несмотря на возраст, научная деятельность Аристарха Аполлоновича в период с 1917 по 1934 г. не снизилась, а, наоборот, ещё более усилилась. При этом следует ещё учесть и болезненное состояние Аристарха Аполлоновича. К концу жизни он потерял зрение на один глаз полностью и на второй - частично. В этот период Аристарх Аполлонович уделял много внимания своим ученикам: Г. А. Тихову, Г. А. Шайну, В. А. Амбарцумяну, Н. А.

Козыреву, А. В. Маркову, В. Ф. Газе, В. П. Вязаницыну и другим, многие из которых в последующем приобрели мировую известность своими блестящими работами в области теоретической и практической астрофизики.

Помимо этого, в течение всего периода научной деятельности под руководством Аристарха Аполлоновича прошли практику многие астрономы разнообразных специальностей: С. Н. Блажко, Г. Н. Неуймин, В. А. Альбицкий, Н. Н. Калитин, Д. Я. Мартынов, М. Д. Лаврова, Н. Г. Пономарёв и другие.

Большое значение для развития астрофизики имели выступления Аристарха Аполлоновича на съездах, конференциях и совещаниях. При этом Аристарх Аполлонович считал и всегда придерживался сформулированного им самим правила: "... Мне кажется, что на съезде естествоиспытателей следует говорить о чем-нибудь законченном, провозглашать торжество мысли над стихией, и этим воодушевить слушателей"*).

Хорошо известны публичные научные лекции А. А. Бело-польского, например в Академии наук 29 декабря 1912 г. "О расстояниях и движениях звёзд", на торжественном заседании Академии, посвященном 200-летию со дня кончины И. Ньютона (доклад опубликован в 1927 г.) и др. Кроме того, Аристарх Аполлонович читал также и популярные лекции для широкой публики. Известно его выступление о Солнце 11 февраля 1900 г. среди русских моряков в Кронштадте (в зале Морского собрания), в клубе торгпредства СССР в Лондоне в 1923 г. и т. д., не говоря уже о популярных лекциях и экскурсиях, которые он проводил в самом Пулковке.

За время своей трудовой деятельности Аристарх Аполлонович много путешествовал по родной стране. Мы уже упоминали о его участии в экспедициях для наблюдения

*) Архив АН СССР, фонд 706, опись I, № 124, стр. 139, солнечных затмений. Не менее интересная экспедиция состоялась и в 1932 г., в которой также участвовал Аристарх Аполлонович совместно с представителями учёного комитета Ростовского университета и Северо-Кавказского крайисполкома. Задачей экспедиции, длившейся около полутора месяцев, был выбор места новой обсерватории в горном районе Северного Кавказа. Были обследованы вершины Столовая гора (2400 м), Хунзах (2300 м), Гуниб (2100 м), Седло-гора (1200 м), Хунзах-плоскогорье (2000 м) и Лысая гора (300 м).

Аристарх Аполлонович неоднократно бывал также и за границей (всего одиннадцать раз). В основном в задачу этих поездок входило участие в международных совещаниях и съездах, заказы инструментов, знакомство с обсерваториями. Аристарх Аполлонович побывал в 1891 г. в Европе (Париж, Гамбург, Потсдам, Гельсингфорс и др.), в Америке (1899, 1910), в Англии (1891, 1912, 1914 и 1923 гг.), ещё раз в Париже (1907 г.), Германии (1913 г.) и т. д.

Будучи за границей, А. А. Белопольский оставался верным патриотом своей Родины. Он не мог спокойно относиться к иностранцам, которые неправильно или плохо отзывались о России. В его дневнике путешествия в 1899 г. по Америке записано "... не могу пропустить здесь этих диких сплетен о России, которые там передавались за достоверное. Мои возражения по этому поводу не принимаются во внимание". Ещё сильнее его раздражали местные российские консерваторы. Так, например, характеризуя развитие науки в 1860-1880 гг., он резко осудил высказывания крупного учёного, профессора (позднее академика), но человека весьма консервативного, А. Н. Савича (1810-1883 гг.), считавшего, что "россиянам науки не надобно" *).

Выше мы видели, каким патриотизмом были проникнуты слова Аристарха Аполлоновича, напечатанные в год Великой Октябрьской социалистической революции, в связи с назначением его директором Пулковской обсерватории. Он считал,

что Пулковская обсерватория должна быть отечественным учреждением, должна пополняться воспитанниками отечественных университетов, должна сама производить (совместо с отечественными заводами) необходимое астрономическое оборудование и т. д. Всё это раскрывает перед нами всю широту взглядов учёного-патриота.

* *

*) *Архив АН СССР, фонд 706, опись I, № 106.*

Охарактеризовав научную деятельность Аристарха Аполлоновича, приведём теперь некоторые сведения о его личной жизни.

А. А. Белопольский был с 1887 г. женат на Марии Фёдоровне Вышинской, имевшей музыкальное образование. От этого брака у Аристарха Аполлоновича было трое детей: Раиса Аристарховна, Зоя Аристарховна и Марк Аристархович. Старшая дочь (музыкант по образованию) умерла во время последней войны. Марк Аристархович является крупным специалистом-химиком. Зоя Аристарховна работала вычислителем в отделе астрометрии и в астрофизической лаборатории.

Аристарх Аполлонович был физически закалённым человеком. С детства он был приучен спать летом и зимой с открытыми окнами (зимой под тёплым одеялом), даже во время болезни. Лекарств в его семье не признавали. От лёгких болезней и недомоганий лечились физическим трудом. По вечерам зачастую Аристарх Аполлонович даже в возрасте 63–75 лет брал лопату и шёл возделывать свой огород. Подобная физическая закалка весьма способствовала тому, что почти до 80-летнего возраста Аристарх Аполлонович мог производить физически очень трудные наблюдения на двух инструментах: ночью на большом рефракторе, а днём – на 7-метровом спектрографе.

Юный Аристарх Аполлонович воспитывался в годы общественного подъёма шестидесятых годов, что всегда чувствовалось в атмосфере их семьи и друзей, но вместе с тем Аристарх Аполлонович пишет*):

" . . . Однако,

*) *Журнал "Огонёк", № 43/239, 1927 г.*

не все мирились с либерализмом отца; были и недоброжелатели. В нашем доме было мало религиозной обрядности, и в гимназии это ставилось в вину родителям, но взыскивалось на детях. Так, старшего брата за непосещение богослужений и за ошибку при прочтении молитвы по заявлению священника собирались исключить из гимназии, и только благодаря заступничеству учителей - друзей отца гимназический совет оставил этот инцидент без последствий . . . " и далее " . . . По рукам в то время ходили запрещённые издания "Колокол", "Полярная звезда". Мы, дети, вращались поневоле среди больших, кое-что усваивали: к нам перешло стремление поспорить с товарищами,

что особенно сказалось, когда переходили в старшие классы гимназии и университет".

Это "стремление поспорить" Аристарх Аполлонович сохранил до последних лет жизни. Он очень темпераментно, с присущей ему вспыльчивостью выступал, например, на научных собраниях, но всегда при этом был исключительно деликатным, объективным и доброжелательным.

Родители Аристарха Аполлоновича в его гимназические годы всегда поощряли постановку в домашних условиях небольших химических и физических опытов, занятия ремёслами (плотничное, механика и др.) при наличии лишь простейших инструментов, наблюдение за явлениями природы и т. д. Всё это, безусловно, способствовало развитию исследовательского духа Аристарха Аполлоновича, а занятия ремёслами, особенно механикой, непосредственно пригодились в исследовательской работе.

После кончины Аристарха Аполлоновича в Пулкове осталось много приборов и частей к ним, изготовленных его руками *).

Среда, в которой жил Аристарх Аполлонович, будучи гимназистом, была очень интересной. Их дом посещался

учёными и педагогами. Много внимания уделялось музыке, устраивались домашние концерты. В университетские годы среда, в которой вращался Аристарх Аполлонович, была



*) В тридцатых годах Аристарх Аполлонович сконструировал новый вид подвеса к маятнику Фуко. Маятник был построен (длиной около 1 м) и установлен в Пулкове, в круглом зале. А. А. Белопольский долго наблюдал за качаниями этого маятника и регистрировал наблюдения в специальном журнале. Этот прибор впоследствии демонстрировался экскурсантам.

А. А. Белопольский (Пулково, 1927 г.). . ' ' –

ещё более интересной. Особенно это откосится ко времени пребывания его в Абрамцево под Москвой в период летних каникул 1874-г. Там он познакомился с извест-

ными художниками и музыкантами: Репиным, Васнецовым, Невревым, братьями Прохоровыми, знаменитой артисткой Федотовой и др. Его учёба в Московском университете проходила под руководством выдающихся учёных: Бредихина, Столетова, Орлова, Цингера и др.

Мы видим, что детские и юношеские годы Аристарха Аполлоновича проходили в обстановке, благоприятствующей формированию молодого учёного. Любовь к музыке Аристарх Аполлонович сохранил и во время своей жизни в Пулкове и привил её своим детям. В семье все играли на рояле: старшая дочь даже кончила, как и её мать, консерваторию, одновременно она с успехом занималась лепкой. Из окон квартиры Белопольских постоянно разносились по Пулкову звуки рояля.

Нужно сказать, что большинство товарищей Аристарха Аполлоновича, как и вообще многие из пулковцев, были любителями и достойными ценителями музыки. В Пулкове нередко устраивались домашние концерты, на которых выступали не только местные любители, но и приглашённые из Ленинграда музыканты-профессионалы. Пулковцы,

например, слушали у себя прекрасный квартет оперного театра. В 1915 г., когда пулковская молодёжь устроила вечер памяти А. Н. Скрябина, Аристарх Аполлонович предоставил ей для этой цели свою квартиру и сам перед началом концерта выступил с кратким, но горячим словом. Н. М. Морин рассказывает, что на одном из таких концертов Аристарх Аполлонович в перерыве между исполнениями вскочил с места, подбежал к стенным часам и остановил маятник, монотонное тиканье которого мешало слушать музыку.

Любовь к музыке и хороший слух помогли Аристарху Аполлоновичу и в его научной работе. Так, например, в 1900 г. в своём знаменитом опыте по проверке принципа Допплера он определял число оборотов колёс с зеркалами, поднося к зубцам шестерни бумажку и оценивая высоту звука, издаваемого от ударов зубцов о последнюю.

Следует заметить, что Аристарх Аполлонович любил не только музыку, но и искусство и разнообразные развлечения вообще. Он очень любил цирк, часто участвовал в любительских спектаклях, которые организовывала молодёжь, в "шарадах" на молодёжных вечеринках и т. д. Вообще Аристарх Аполлонович всегда поддерживал молодёжь. Мы уже указывали, что Аристарх Аполлонович оказывал большое содействие молодёжи в научной работе, а также и в их культурно-массовых и просветительных начинаниях, Но Аристарх Аполлонович помогал молодёжи и экономически. Многие практиканты и аспиранты даже обедали у него в семье, что при отсутствии обсерваторской столовой было весьма существенно.

Аристарх Аполлонович с необыкновенной горячностью и быстротой откликался на научные запросы своих товарищей и, особенно, молодых товарищей по науке, никому не отказывая в совете и помощи. На их письма он всегда отвечал немедленно, с первой отходящей почтой.

Всю свою трудовую жизнь Аристарх Аполлонович не пользовался отпуском. Перемена места и новые впечатления во время научных командировок и экспедиций служили ему отдыхом. Из этих поездок он неизменно возвращался освежённым и полным новых сил. Лучшим отдыхом в ежедневном труде для Аристарха Аполлоновича были прогулки в обсерваторском парке и слушание музыки.

В старом Пулкове итоги работы подводились на встречах нового года, которые обычно происходили на квартире у директора. Аристарх Аполлонович неизменно выступал на этих вечерах с кратким, но ярким словом. Он обычно читал небольшие стихотворения одного из мировых поэтов и на основе стихов строил свою речь, всегда жизнеутверждающую, всегда полную веры в торжество человеческого разума и всегда зовущую к новым победам на пути раскрытия загадок, которые ставит перед человеком природа. Он не мыслил себе существования без науки и искусства и иногда приводил слова Мефистофеля:

Да, только презирай ты разум и науки,
Ты силы высшие людей,
Я заберу тебя прекрасно в руки.

Многочисленные юбилейные речи, воспоминания, некрологи, принадлежащие Аристарху Аполлоновичу, проникнуты горячей любовью к науке и её деятелям, равно как к её корифеям, так и к скромным рядовым труженикам.

Аристарх Аполлонович был человек широко и глубоко образованный и прятный собеседник. К тому же он был очень весёлым, при каждом удобном случае любил пошутить.

Из всего сказанного становится ясным, насколько крупной фигурой в науке был Аристарх Аполлонович и каким хорошим

человеком он был вообще. Благодаря этому Аристарх Аполлонович заслужил всеобщее признание и уважение как учёный и как простой советский человек .

16 мая 1934 г. в Пулкове А. А. Белопольский скончался.

[Назад](#)

[1] ОБ АНАЛОГИИ МЕЖДУ ДВИЖЕНИЯМИ НА ПОВЕРХНОСТИ СОЛНЦА И ЦИРКУЛЯЦИЯМИ ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЖИДКОЙ СФЕРЕ *

А.А. Белопольский

* Труды VIII съезда русских естествоиспытателей и врачей, 1890, т. I, отд. I. Здесь и в дальнейшем цифры в прямых скобках указывают номера примечаний в "Комментариях".

Предпринятые мною опытные исследования над скоростями циркуляции внутри вращающейся жидкой сферы имели целью сделать попытку объяснить известный закон вращения поверхности Солнца (выведенный по наблюдению пятен). Кроме угловых скоростей, довольно хорошо удовлетворяющих эмпирической формуле

$$\xi = a + b \cos \varphi,$$

пятна ещё указывают на течение материи поверхности Солнца, направленное от экватора к полюсам. Констатирование последнего факта принадлежит Шпереру. Вывод этот основан на 30-летних непрерывных наблюдениях солнечной поверхности (Publ. Obs. Potsdam, IV, B. II).

Третий факт, тоже вполне констатированный, это - перемещение зоны пятнообразовательной деятельности в направлении от полюсов к экватору. Следует отметить то обстоятельство, что наблюдения дают нам сведения о движении материи поверхности Солнца лишь в поясе шириною в 100°, симметрично расположенном по обе стороны солнечного экватора. Как закон вращения, так и перемещение материи по меридианам - симметричны относительно солнечного экватора. Эта симметрия уже давно заставляла исследователей искать причины всех упомянутых движений во вращении Солнца (Виннеке, Цёльнер, Фай и пр.). Однако теоретические выводы, касающиеся вращения жидких оболочек, не принимая во внимание внутреннего трения, противоречили наблюдениям, так что пришлось искать добавочных факторов для объяснения неодинакового вращения солнечной поверхности.

Я пытался вновь искать причины движений на Солнце в его вращении, основываясь на новых исследованиях по гидродинамике. В 1885 г. вышло сочинение профессора механики Московского университета Н. Е. Жуковского "О движении твёрдого тела, имеющего полости, наполненные однородной капельной жидкостью". В нём рассматривается, между прочим, задача о циркуляциях в жидкой сфере, обуславливаемых внутренним трением, в том случае, когда угловые скорости слоев жидкости суть функция радиуса. Проф. Жуковский (стр. 123 и 124), не задаваясь каким-нибудь определённым законом угловых скоростей, находит направление циркуляции и скорости их по меридианам и по радиусу. Оказывается, что циркуляции симметричны относительно экватора и в случае увеличения угловых скоростей обратно с радиусом направлены на поверхности от экватора к полюсам; скорость по меридиану пропорциональна \sin^2 ". Угловых скоростей он не даёт. Внутреннее трение предполагалось пропорциональным относительной линейной скорости. Проф. Жуковский указывает в своём сочинении, что для воды его теоретические выводы применяются. На опыте получается именно то направление циркуляции, какое он предсказал. Далее он не пошёл, так как его задача этим

заканчивалась.

Желая применить найденные им выводы к Солнцу, на поверхности которого, как сказано, наблюдается направление циркуляции от экватора к полюсу, я старался опытным путём определить угловые скорости и скорости по меридианам некоторого слоя, концентричного с поверхностью. Как видно по ходу изложения, предстояло на опыте вращать жидкую сферу так, чтобы угловые скорости поверхности были менее угловых скоростей внутренних слоев. Я не буду здесь касаться возможных причин различных угловых скоростей внутри Солнца.

Для моих опытов я воспользовался стеклянным баллоном радиуса 87 мм. Баллон очень близок к сфере, так что 1 мм на поверхности принят равным $0^{\circ},66$ большого круга. На поверхности этого баллона проведены были меридианы и параллели, первых-16, вторых-10 на каждом полушарии. Шар через имеющееся в нём горлышко наполнялся водою с мелкими частицами стеарина (удельный вес = 1) и помещался на большем шкиве горизонтальной центробежной машины, так что параллели на поверхности были горизонтальны; баллон приводился во вращение около 40 оборотов в минуту и вращался равномерно до тех пор, пока не приходила во вращение вся масса воды до самой оси; тогда вращение понемногу замедлялось, и замедление продолжалось до тех пор, пока можно было остановить баллон, не вызвав вихрей у его поверхности. Затем начинались наблюдения, которые заключались в том, чтобы отмечать моменты прохождения какой-нибудь одной частицы стеарина через последовательные меридианы и параллели, пока она, следуя циркуляции воды, движется вблизи поверхности от экватора к полюсу. В удачных случаях приходилось наблюдать одну и ту же частицу в течение трёх оборотов, т. е. от параллели вблизи экватора до полярных областей, оттуда внутри, на некоторой глубине, вновь к экватору и т. д.

Моменты прохождения частицы через меридианы и параллели отмечались хронографически. Часть циркуляции, параллельной поверхности баллона, заключалась между 20 и 70° , это пространство пробегалось частицами, с различною скоростью для каждого опыта, от 15 до 40 секунд времени. Всего обработано мною движение до 100 частиц, из которых большинство в воде при разных положениях баллона на центробежной машине и 10 в довольно густом растворе сахара (пополам с водою). Начальные угловые

скорости во всех этих случаях были в пределах $1 - 20^{\circ}$ в секунду. Точность определения скоростей зависела от величины самой скорости.

Вероятные погрешности каждого определения колебались от $d=0^{\circ},04$ до $dr0^{\circ},66$.

Полученные из наблюдений скорости наносились в виде ординат на сетку, абсциссы которой соответствовали градусам широты. Отсюда уже получались угловые скорости и скорости по меридиану для какой-нибудь данной широты.

В дальнейшем означают: ϕ - широту, ϕ' - скорость по меридиану, S -угловую скорость, $s' = v \phi'^2 -) - ;^2$
 $\cos^2 \alpha = x - y \sin 2(\phi + \alpha)$, $\%'$ -угловую скорость, вычисленную по эмпирической формуле по способу наименьших квадратов из наблюденных угловых скоростей, $\phi' = z \sin 2(\phi + \alpha)$ - скорость по меридиану, вычисленную по эмпирической формуле, $(s - o)$ - остающиеся погрешности между эмпирическими формулами и наблюдениями.

Далее даю результаты, полученные из наблюдения пяти частиц:

f f s ? : $c-o$ $c-o$
 $\cos f / s$
 ?

I. $B\beta$ $оде$

36°,7 0°,80 2°,60 2°,08 2°, 2°,71 +0°,η 0°,85 +0°,05
 23

42,9 0,88 2,25 1,64 1,86 2,19 -0,06 0,93 +0,05

48,8 1,03 2,27 1,50 1,96 2,27 0 0,97 -0,06

54,4 1,00 2,35 1,37 1,70 2,32 -0,03 0,96 -0,04

60,1 0,93 2,58 1,28 1,58 2,56 ■ -0,02 0,92 -0,01

65,7 0,85 2,94 1,21 1,48 2,94 0 0,85 0

$\epsilon' = 53 - \sin 2 - 6^\circ$
 $5^\circ, 3^\circ,26 \sin 2 - 6^\circ$
 $2 (<f)$ $- 2^\circ, 1); ?!$ $= \sin 2 - 6^\circ$
 $0^\circ,97$ (cp

II. $B\beta\theta$ $Де$

28°, 0°,79 2°,68 2° 37 2°,50 2°,64 - 0°,80 +0°,01
 1 0°,04

34,1 0,87 2,27 1,86 2,05 2.31 +0,04 0,89 +0,02

40,8 0,93 2,12 1,60 1,85 я13 +0,01 0,92 -0,03

46,9 0,94 2,07 1,41 1,69 2,03 -0,02 0,92 -0,01

52,9 0,89 2,09 1,26 1,54 2,07 -0,02 0,87 -0,02

58,8 0,78 2,21 1,14 1,38 2,21 0 0,78 0

64,8 0,65 2,41 1,03 1,22 2,44 +0,03 0,66 +0,01

$= 4^\circ,54 - 2^\circ,50 \sin 2 (\varphi - 3^\circ,4); y[\ = 0^\circ,93 \sin 2(<p+2^\circ)$

5 S $i s$, ./ $c-o$
 \cos $C ($
 tp

III. $B\beta$ $оде$

20°, 1°,07 9°,00 8°,45 8°,51 9°, +0°,17 1°,19 +0°,1
 1 17

26,1 1,31 8,04 7,23 7,35 8,03 -0,01 1,46 +00;

32,2 1,62 7,38 6,25 6,45 7,09 -0,29 1,66 +0,0'

38,8 2,03 6,62 5,16 5,55 7,39 -0,23 1,81 -0,2:

44,9 2,00 6,08 4,30 5,70 6,01 -0,07 1,85 -0, i;

50,9 1,82 5,70 3,59 4,02 5,94 +0,24 1,81 -0,0:

56,8 1,62 6,00 3,29 3,67 6,16 +0.16 1.69 +0.0' ;

$5' = 12^\circ,83 - 6^\circ,90 \sin 2 (<p - 4^\circ,1); \wedge = 1^\circ,85 \sin 29$ IV. В сахарном растворе

$$i' = 28^{\circ}, 19 - 18^{\circ}, 20 \sin 2 (<f - 2^{\circ}); <? [= 4^{\circ}, 68 \sin 2, V. \text{ В сахарном растворе}$$

$$24^{\circ} \quad 3^{\circ}, 33 \quad 20^{\circ}, 5 \quad 20^{\circ}, 9 + 0^{\circ}, 04 \quad 3^{\circ}, 11 - 0^{\circ}, 22$$

$$30 \quad 3, 75 \quad 18, 7 \quad 18, 4 \quad -0, 3 \quad 3, 85 \quad +0, 10$$

$$36 \quad 4, 14 \quad 15, 5 \quad 16, 2 \quad +0, 07 \quad 4, 41 \quad +0, 27$$

$$42 \quad 4, 80 \quad 15, 0 \quad 14, 6 \quad -0, 4 \quad 4, 77 \quad -0, 03$$

$$48 \quad 5, 00 \quad 13, 6 \quad 13, 5 \quad -0, 1 \quad 4, 93 \quad -0, 07$$

$$54 \quad 5, 46 \quad 12, 9 \quad 13, 1 \quad +0, 2 \quad 4, 89 \quad -0, 57$$

$$60 \quad 4, 80 \quad 12, 9 \quad 13, 4 \quad +0, 5 \quad 4, 61 \quad -0, 19$$

$$66 \quad 3, 75 \quad 13, 6 \quad 14, 2 \quad +0, 5 \quad 4, 15 \quad +0, 40$$

$$72 \quad 3, 16 \quad 17, 3 \quad 15, 6 \quad -1, 7 \quad 3, 50 \quad +0, 34$$

$$Ч' = 27^{\circ}, 84 - 14^{\circ}, 71 \sin 2 (ср - 10^{\circ}); <f [= 4^{\circ}, 93 \sin 2 (<p - 5^{\circ})$$

Если нанести скорости s' в виде ординат на сетку, абсциссы которой соответствуют широтам, то получим прямые линии, очень мало наклонённые к оси абсцисс. Так как жидкость в баллоне постепенно останавливается, то можно думать, что при иных условиях опыта скорости s' во всё время движения частицы у поверхности баллона постоянны; так как, с другой стороны, скорости по меридианам из опыта получились согласные с теоретическим выводом проф. Жуковского, то из соотношения

$$s' = \text{const} = V \varphi'^2 + \xi^2 \cos^2 \varphi$$

$$\xi^2 = \frac{s'^2 - z^2 \sin^2 2\varphi}{\cos^2 \varphi}, \quad \xi = \frac{\sqrt{s'^2 - z^2 \sin^2 2\varphi}}{\cos \varphi} \quad \text{можно найти выражение угловой скорости, именно:}$$

люсам; здесь изменение фигуры пятна уже не может маскировать характера движения вследствие того, что сами скорости движения больше.

Искать полного тождества законов движений на Солнце с тем, что получилось из опытов, нельзя, потому что нам совсем почти неизвестно состояние материи Солнца. Я позволю себе лишь указать на некоторую аналогию между движениями на Солнце и в жидкой сфере и выразить надежду, что, может быть, гидродинамика со временем даст более обстоятельные ответы на интересующий нас вопрос о вращении Солнца.

Так как s' всегда больше z , то можно эту формулу представить иначе:

$$\xi = \frac{s'^2 \left(1 - \frac{z^2}{s'^2} \sin^2 2\varphi \right)^{1/2}}{\cos \varphi};$$

довольствуясь двумя членами разложения в ряд и обозначая постоянные коэффициенты через M и N :

$$\xi = \frac{s' \left(1 - \frac{1}{2} \frac{z^2}{s'^2} \sin^2 2\varphi \right)}{\cos \varphi} = \frac{M - N \sin^2 2\varphi}{\cos \varphi}.$$

Не имея теоретического основания принять s' за величину постоянную, я выбрал более простую эмпирическую формулу для угловой скорости, которая довольно хорошо удовлетворяет наблюдениям. Эта формула указывает на существование во вращающейся жидкой сфере при сказанных условиях закона угловых скоростей, аналогичного с таковым же на Солнце - угловые скорости уменьшаются с широтой до 45-55°. Скорости по меридианам возрастают до тех же широт. На Солнце и этому закону есть аналогичный, хотя не количественно, а лишь качественно. Именно, движение пятен по широте очень медленно и часто маскируется сильным изменением вида пятна. Оттого до 20° встречается почти одинаковое число движений как от экватора к полюсу, так и обратно, с небольшим перевесом движений к полюсу. Между тем, за 25° до 45° на 100 наблюденных движений 80% направлены от экватора к полюсам.

[3] О ХАРАКТЕРИСТИКЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ЛИНЗЫ ДЛЯ СПЕКТРОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ТРИДЦАТИДЮЙМОВЫМ РЕФРАКТОРОМ ПУЛКОВСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ *

А.А. Белопольский

*) Ар. J. , 1896, III 147. Перевод с английского О. Мельникова.

Для того чтобы эффективнее использовать 30-дюймовый рефрактор Пулковской обсерватории для спектрографических исследований, была недавно сконструирована согласно предложения проф. Килера (Ар. J. , 1895, I, 101) вспомогательная линза (афокальная, - прим. ред.). Линза имеет диаметр 60 мм и расположена на расстоянии 1,070 м над фокусом F-линии 30-дюймового объектива.

По Штейнгейлю, которым была изготовлена линза, радиусы её поверхностей суть следующие (в мм):

421,7 - флинт

42,7 - флинт, крон

302,5 - крон

Компоненты линзы склеены бальзамом.

Линза закреплена в месте, где первоначально располагалась большая призма, отражающая свет под прямым углом к оси объектива в спектроскоп прямого зрения.

Посредством шестерни линза может перемещаться перпендикулярно к конусу лучей (от объектива, - прим. ред.). Её перемещение отсчитывается по разделённому лимбу. Предусмотрена также возможность необходимой регулировки. Так как в некоторые периоды в Пулкове оптические поверхности сильно покрываются влагой, то линза смонтирована на штыковом патроне, что облегчает её отделение от трубы для обследования, с последующей установкой без дополнительной регулировки. Чтобы оценить преимущества, вносимые линзой, я получил серию спектрограмм α Персея и α Кассиопеи. При этом ширина щели и время экспозиции поддерживались неизменными. Было обнаружено, что введение линзы укорачивает фокус рефрактора для лучей H γ на 10 мм, - величина, которая находится в пределах 60

мм шкалы коллиматора. Длина спектра значительно увеличивается. Без линзы спектр α Персея простирается от κ 4410 до Λ 4230 (спектрограф № IIII), в то время как с линзой он простирается от κ 4860 до κ 4000. Для α Кассиопеи длина фотографического спектра получилась следующей: без линзы от κ 4380 до κ 4230, а с линзой от κ 4300 до κ 4100.

Измерение ширины спектра дало:

		а Персея			
		коллиматор 22,5			
	с линзой		без линзы		
	изм.	редуцир.		изм.	редуцир.
	ширина	ширина		ширина	ширина
4004	0,12 мм	- 0,06 мм	-		
4045	16	- 0,02	-		
4101	18	00	-		
4927	29	+ 0,11	4227	0,19 мм	+ 0,01 мм
4272	32	14	4272	27	09
4341	37	15	4341	40	22
4405	36	18	4384	56	38
4550	40	22	4410	0,67	0,49
4670	41	23			
4820	33	15	,		
4860	0,19	+ 0,01			

		а Кассиопеи			
		коллиматор 27,0			
	с линзой		без линзы		
)	изм.	редуцир.		изм.	редуцир.
	ширина	ширина		ширина	ширина
4270	0,19 мм	0,00 мм	4227	0,20 мм	0,05 мм
4330	22	03	4235	15	00
4350	25	06	4261	18	03

4450	25	06	4280	20	05
4550	26	07	4310	30	07
4600	26	07	4340	37	22
4650	26	07	4380	0,50	0,35
4700	25	06			
4800	0,23	0,04			

Так как ширина спектра зависит частично от скорости ведения, то все предыдущие измерения редуцированы к ширине в 0,18 мм.

Для сравнения ниже приведены редуцированные ширины спектров, полученных с тем же спектрографом, смонтированным на фотографический телескоп:

\ Ширина

4100 0,05

мм

4200 07

4340 06

4410 07

4800 0,03

Интенсивность спектра (почернение фотопластинки,- прим. ред.) достаточно равномерна по всему спектру, хотя по сравнению с интенсивностью коротковолнового интервала (к 4230–х 4270) спектрограмм последняя несколько больше. Это обстоятельство вызывается двумя причинами: во-первых, наблюденное изображение звезды не является

точечным и, во-вторых, коррекционная линза может по[^]глощать часть падающего на неё света (избирательно,- прим. ред.).

Дополнительным преимуществом линзы является и то, что с ней звезда может быть видна на щели - обстоятельство, которое значительно облегчает гидирование. Разницы вида спектральных линий при работе с линзой и без неё не обнаружено.

[4] ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИНЦИПА ДОППЛЕРА -ФИЗО, НЕ ПРИБЕГАЯ К КОСМИЧЕСКИМ СКОРОСТЯМ *

А.А. Белопольский

*) Доложено на заседании физико-математического Отделения 15 ноября 1900 г. Впервые напечатано в Известиях Академии наук, 1900, т XIII, № 5.

Проект прибора для исследования принципа Доп-плера - Физо был мною предложен в 1894 г. (см. Mem. Soc. de Spett. Italiani, v. XXIII, и в А. Н., № 3267). С тех пор я работал над осуществлением этого прибора и теперь закончил его. Идея прибора состоит в следующем.

Если источник света находится как раз посредине между двумя параллельными зеркалами, то легко видеть, что n -е отражение лежит от источника на расстоянии $s = 2nl$, где l -расстояние источника от зеркала:

1-е отражение лежит на расстоянии $2l$,

2-е " " " " $4l$,

3-е " " " " $6l$

и т. д.

Если расстояние между зеркалами меняется в зависимости от времени, то $s = 2l - vt$.

Когда источник света лежит не посредине между двумя параллельными зеркалами, то результат получится тот же, так как расстояние его от середины при дифференцировании как постоянное исчезает. Отсюда видно, что даже при небольшой величине v (скорость движения зеркала). (скорость n -го отражения) будет в $2n$ раз больше и может достигнуть значительной величины. Например, пусть скорость зеркал равна 50 м/сек; 10-е отражение уже движется со скоростью $2 \times 10 \times 50 = 1000$ м\сек.

Далее, существует доказательство (Ketteler, Astrono-mische Undulationtheorie), что однородный луч изменяет длину волны после отражения от движущегося зеркала. Именно, длина волны по отражении от подвижного зеркала выражается следующим образом:

$$\lambda = \lambda_0 \left(1 \pm \frac{2v}{V} \cos \varphi \right).$$

Колёса с зеркалами расположены так, что узкий пучок света мимо первого колеса (считая от гелиостата) попадает на зеркало второго и, отразившись несколько раз от параллельных зеркал, проходит мимо второго колеса на щель спектрографа. Все движущиеся части помещены на одном чугунном штативе весом в 175 фунтов. Штатив этот помещён на отдельном прочном деревянном столе, ножки которого вдавили себе гнёзда в асфальтовом полу лаборатории. Перед колёсами (считая от гелиостата) и позади их (между колёсами и щелью спектрографа) установлено по щиту с узкими отверстиями для входящего и выходящего лучей.

Я пользовался лучами Солнца. Для этого служил небольшой гелиостат с часовым механизмом, выставляемый за южное окно лаборатории на каменном кронштейне,

Предварительные опыты показали, что отражение от зеркал замечательно быстро теряет яркость и, кроме того, белый пучок после нескольких отражений превращается в оранжевый. Это побудило меня устроить новый светосильный спектрограф. Он состоит из коллиматора с фокусным расстоянием ≈ 2 м, камеры с фокусным расстоянием $\approx 1/4$ м и трёх сложных призм (оптические части работы Штейнгейля, Халле и Рейнфельдер и Хертль).

Камера и коллиматор деревянные, а коробка для призм стальная. Весь спектрограф стоит на четырёх толстых деревянных винтах с контргайками на отдельном прочном деревянном столе. Для увеличения устойчивости на разные части спектрографа положены тяжести, всего 280 фунтов. Щель спектрографа находится на расстоянии одного метра от колёс с зеркалами. По вложению кассеты в камеру она привинчивается винтом. Внутри камеры, перед самой пластинкой, помещены два экрана, которые легко заменяются один другим. Один экран закрывает одну часть пластинки (считая вдоль спектра), а второй закрывает другую.

Перед щелью на расстоянии нескольких сантиметров находится на отдельном штативе затвор, позволяющий открывать любую половину щели (по высоте). Между колёсами и этим затвором находится конденсор (цилиндрическое стекло, заменённое впоследствии обыкновенной линзой). В коробке с призмами находится отверстие, через которое можно наблюдать щель в отражении от первой поверхности первой призмы. В стене коллиматора непосредственно у объектива имеется также отверстие для контроля хода лучей.

Вышеупомянутые экраны и затвор перед щелью дают возможность расположить опыт в следующем порядке:

1. Половина щели открыта (например, верхняя). Зеркала неподвижны; первая половина пластинки открыта. Экспозиция.
2. Зеркала вращаются навстречу; первая половина пластинки открыта. Экспозиция.
3. Другая половина щели открыта (например, нижняя). Зеркала вращаются в противоположную сторону; вторая половина пластинки открыта. Экспозиция.
4. Зеркала неподвижны. Вторая половина пластинки открыта. Экспозиция.

Таким образом, на одной и той же пластинке получают четыре спектра: два от зеркал в движении и два от зеркал в покое. Относительное смещение спектральных линий двух смежных спектров равно двойному смещению, соответствующему скорости движения зеркал. Два спектра от неподвижных зеркал служат исходными точками при измерениях. Вследствие кривизны линий и изменений температуры во время опыта без этих спектров измерений производить совсем нельзя. Они же служат контролем неизменяемости частей спектрографа во время опыта. - В

спектрографе фотографируется область между $\kappa = 438$ тр. и $\kappa = 450$ пиф.; призмы поставлены на минимум отклонения для κ между этими пределами.

Шкала вычислялась по измерению интервалов между спектральными линиями на тех же спектрограммах, которые служили для определения смещения линий. Так как спектрограф в течение всего ряда опытов подвергался небольшим переделкам, то вычислены были три раза по способу наименьших квадратов логарифмы коэффициента k для обращения отсчётов винта измерительного прибора в скорости...

Вот эти величины:

1900, июня 27; $\sigma k = 1,7878$ для $\kappa = 444,418$ Ш|х
июля 6; " 1,7826 " 444,418 "

августа 9; " 1,7871 " 444,418 "

Заметим, что если смещение выражается 0,01 оборота винта, то значение σk , отличающееся от истинного на единицу 2-го знака, вызовет ошибку в скорости лишь в 14 м/сек. За такой малой величиной гнаться нет возможности, а потому для дальнейших вычислений берём середину из найденных величин σk , т. е. $1,7871$.

Чтобы уяснить себе точность описанного спектрографа для определения лучевых скоростей, напомним, что звёздный двухпризменный спектрограф Пулковской обсерватории

определяет лучевые скорости звёзд второго типа с вероятной погрешностью ± 2 км/сек. Так как дисперсия данного спектрографа в семь раз больше звёздного, то можно ожидать, что при определении лучевых скоростей вероятная погрешность будет колебаться около 0,2 км/сек.

Устройство прибора было окончено весной сего года в мастерской обсерватории. С этого времени я приступил к предварительным опытам. Опыты эти показали, что при быстром вращении зеркал спектр многократно отражённого солнечного света так слаб, что для получения спектрограммы, годной для измерений, нужна продолжительная экспозиция. Так, например, для того чтобы сфотографировать спектр восемь раз отражённого света, нужно экспонировать больше часу. Получить все четыре спектра в том порядке, как указано было выше, можно при экспозиции больше двух часов. Летом, когда эти опыты вообще можно производить, небо редко бывает безоблачно в течение такого промежутка времени. Температура не может не измениться за два часа, а следовательно, и спектры могут от этой причины взаимно сместиться на величину одного порядка со смещением вследствие движения.

Поэтому я решил воспользоваться шестым отражением. В этом случае все четыре спектра получаются в течение одного часа. Спектры от неподвижных зеркал получаются при экспозиции в 2 сек.

Число оборотов колбе измерялось счётчиком; раза два я воспользовался звуковым методом: к одному из зубчатых колёс прибора подносилась бумажка и оценивалась высота звука, издаваемого от ударов зубцов о бумажку. Оба способа дали согласные между собою результаты. Оказалось, что при силе тока $4^2 / a$ ампера колёса сделали 2016 оборотов в 63 сек., т. е. 32 оборота в секунду.

По оценке высоты тона получилось "ля" третьей октавы, т. е. 1740 ударов в секунду; так как зубчатое колесо имело 49 зубцов, то число оборотов колеса было 35 в секунду.

При силе тока $7^x / 4$ ампера получилось 1512 оборотов в 34 сек., или 44 оборота в секунду. Причину столь малого числа оборотов против номинального нужно искать в сопротивлении воздуха.

Во время вращения стрелка амперметра оставалась неподвижной в пределах $1 / i$ ампера. Это указывает на постоянство вращения. На то же указывал и звук, слышимый при вращении прибора.

Размеры прибора при сказанных скоростях вращения дают следующие линейные скорости зеркал: так как расстояние между внешними краями диаметрально противоположных зеркал 23 см, а между внутренними 19 см, то при 32 оборотах в секунду получим для шестого отражения скорости 230-276 м/сек. При 44 оборотах в секунду для шестого отражения получим 318-389 м/сек. Вероятно, благодаря этому спектральные линии получаются на спектрограммах более размытыми от движущихся, чем при отражении от неподвижных зеркал.

Спектрограммы измерялись с винтом длиной в 65 мм. Один оборот равен 0,5 мм. Увеличение микроскопа употреблялось равное 15. Спектрограммы укладывались под микроскоп всегда одинаково, именно так, что деления барабана возрастали при передвижении от красного конца спектра к фиолетовому. Сначала нить наводилась на линию верхнего спектра в микроскопе, а затем на линию нижнего, причём на каждую делалось пять установок. Разности отчётов всегда даются в смысле "верхний-нижний спектр".

На спектрограммах надписано направление вращения прибора при соответственном спектре. Знак -f- (плюс) означает, что колёса вращались так, что зеркала расходились; знак - (минус) означает, что зеркала двигались навстречу друг другу. Направление вращения колёс менялось независимо от половины щели спектроскопа, т. е. зеркала двигались навстречу в одном опыте, когда верхняя половина щели была открыта, в другом - когда нижняя половина щели была открыта, и наоборот.

Все предварительные опыты и переделки заняли время до конца июня и первую удовлетворительную спектрограмму я получил 27 июня. Сравнительно малое число спектрограмм, мною полученных, зависело отчасти от неблагоприятной погоды, отчасти от того, что одновременно с настоящими изысканиями я был занят на 30-дюймовом рефракторе.

Разность отсчётов $' - '$ Спектры от неподвижных зеркал

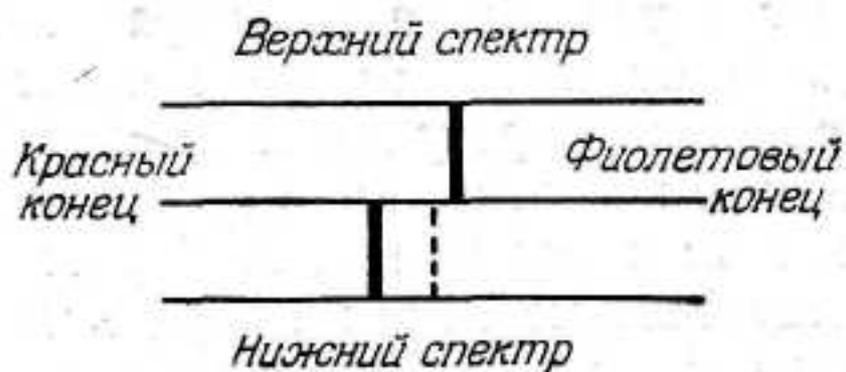
1-я линия -0,008 оборота

2-я " -0,006

3-я " -0,022

4-я " -0,016 "

Середина = -0,013 оборота



Длина волны Разность отсчётов

Спектры от подвижных

зеркал

446,19 тр. +0,011 оборота

446,21 " +0,007

445,76 " -0,008 "

445,60 " -0,005

445,47 " -0,010

445,17 " +0,003

444,80 " +0,003 "

444,40 " -0,005 "

444,34 " -0,008 "

442,56 " 0,000

Смещение 0,012 оборота к красному концу в нижнем спектре. Соответствующая лучевая скорость равна 0,73 км/сек.

июля 1

На этой спектрограмме линии, полученные при неподвижных зеркалах, показали такое значительное смещение, что я признал сначала пластинку негодной.

Однако, если пренебречь этими линиями и измерить взаимное смещение линий спектрограмм, полученных от движущихся зеркал, то найдём скорость, близко соответствующую линейной скорости вращающихся зеркал. При этом нить измерительного прибора устанавливалась при помощи линии раздела верхнего и нижнего спектров.

Причину взаимного смещения линий в спектрах от неподвижных зеркал нужно искать в случайном изменении какой-нибудь части спектрографа, либо непосредственно после экспозиции для получения первого спектра, либо непосредственно перед концом опыта.

Далее даны разности отсчётов барабана при наведении на линии верхнего и нижнего спектров.

Х Разность отсчётов

445,94 мжА	-0,011 оборота
445,77 "	- 0,003
445,60 "	- 0,009
445,18 "	- 0,010 " ;
444,80 "	- 0,020
444,40 "	+ 0,003
444,25 "	- 0,006 "
442,56 "	- 0,017
441,57 "	- 0,022
440,80 "	- 0,015 "

Середина = - 0,011 оборота для $\kappa = 444,1$ му..

Вероятная ошибка = +0,004 оборота.

Соответствующая лучевая скорость равна 0,67 км/сек. При опыте пользовался шестым отражением. Колёса вращались 35 оборотов в секунду.

Июля 6

Шестое отражение; экспозиция 30 минут; в начале и конце опыта фотографировались спектры от неподвижных зеркал. Сила тока $7V_4$ ампера (44 оборота в секунду). Первое вращение было -|--

Во время опыта температура коробки с призмами изменилась на $0^{\circ},4C$. При измерении под микроскопом верхний спектр соответствует движению -; нижний спектр соответствует движению -)- соответствует лучевой скорости

Июля 9

Шестое отражение; экспозиция 30 минут; в начале и в конце сфотографированы спектры от неподвижных зеркал. Сила тока 7^4 ампера.

При измерении верхний спектр под микроскопом соответствовал скорости -), нижний спектр скорости -.



Спектр от неподвижных зеркал

$\lambda = 448,25$ нм. - 0,074 оборота

. 448,24 " -0,075 "

447,62 " -0,084 "

446,87 " -0,080 "

Середина = -0,078 оборота

Спектр от подвижных зеркал

$\lambda = 446,20$ нм. - 0,058 оборота

445,61 " -0,052 "

445,18 " -0,057 "

443,60 " -0,060 "

442,56 " -0,053 "

441,80 " -0,058 "

441,58 " -0,064 "

440,79 " -0,055 "

Спектр от неподвижных		Спектр от подвижных	
зеркал		зеркал	
1-я	линия -j- 0,002 оборота	1-я	линия -- 0,007 оборота
2-я	" + 0,009 "	2-я	- 0,028
3-я	+ 0,003	3-я	- 0,009 "
4-я	" - 0,006 "	4-я	- 0.011 "
5-я	" -f 0,006 "	5-я	> + 0,009
		6-я	> _L 0 002 "
	Середина = +0,003 оборота	7-я 8-я	+ 0,006 " - 0,017 "
		9-я	- 0,010 "
		10-я	" - 0,014 "

Середина = -0,008 оборота для). = 444 тр.

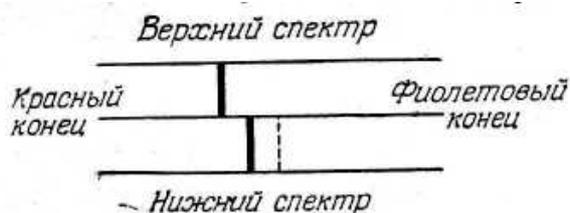
Следующая схема служит для уяснения величины и направления смещения (рис. 3).



Рис 3.

Смещение 0,011 оборота к фиолетовому концу в нижнем спектре. Соответствующая лучевая скорость 0,67 км/сек.

августа 7



Шестое отражение; экспозиция 30 минут. В начале и в конце опыта сфотографированы спектры от неподвижных зеркал. Сила тока $7^x / 4$ ампера. Первое вращение - \ - . При измерении под микроскопом верхний спектр соответствует движению зеркал -; нижний спектр - движению зеркал -р.

Спектр от неподвижных Спектр от подвижных

1-я линия	+ 0,045	зеркал	зеркал
	оборота		
2-я "	+ 0,062 "	= m;	+ оборота
3-я "	+ 0,068	445,60 j.	0,080
4-я "	+ 0,064 "	445,17 "	+ "
			0,080
5-я "	+ 0,068 "	444,80 "	+ "
			0,060
		444,40 "	+ "
			0,062
		444,25 "	+ "
			0,074
		443,60 "	+ "
			0,068
		441,85	+ "
			0,063

Середина = +0,070 оборота для $\lambda = 444,3 \text{ м}\mu\text{.}$

Величина и смысл относительного смещения уяснятся из следующей схемы (рис. 4).



Рис 4.

Смещение 0,011 оборота к красному концу в нижнем спектре. Соответствующая лучевая скорость 0,67 км/сек.

августа 9

Шестое отражение; экспозиция 30 минут. В начале и в конце опыта сфотографированы спектры от неподвижных зеркал. Сила тока $7\frac{3}{4}$ ампера. Первое вращение -. При измерении под микроскопом верхний спектр соответствует движению зеркал -; нижний спектр - движению зеркал -|..

Спектр от неподвижных Спектр от подвижных

1-я линия	+ 0,082 оборота	зеркал	зеркал
2-я "	+ 0,071 "		
3-я "	+ 0,072	446,18	= mFA + оборота 0,079
4-я "	+ 0,077	445,60 "	+ 0,100
5-я "	+ 0,082	445,18 "	+ "
6-я "	+ 0,075		0,083
7-я "	+ 0,079	444,80 "	+ "
			0,086
		444,40 "	+ "
			0,095
		444-25 "	+ "
			0,079
		443 71 "	+ "
			0,091
		443,59 "	+ "
			0,088
		442,56 "	-h "
			0,088
		441,86 "	+ "
			0,087
		441,79 "	+ "
			0,096

Середина = +0,088 оборота для $\lambda = 443,4$ ш;х.

Величина и направление смещения уяснятся из следующей схемы (рис. 5).

Смещение 0,011 оборота к красному концу в нижнем спектре. Соответствующая лучевая скорость + 0,67 км/сек.

Сопоставление всех полученных скоростей даёт следующую таблицу:

По смещению По числу оборотов

спектральных линий колёс

1900 июня	27 0,73	км/сек	0 46-0,55	км/ сек
июля	1 0,67	"	0,50-0,60	"
"	6 1,28	"	0,64-0,78	"
"	9 0,67	"	0,64-0,78	"
августа	7 0,67	"	0,64-0,78	"
"	9 0,67	"	0,64-0,78	"

Угол $\theta = 4^\circ$, и следовательно, $\cos \theta = 0,998$.

Смысл смещения во всех случаях соответствует направлению вращения. Скорости в последнем столбце соответствуют краям зеркал. Вероятная ошибка полученных скоростей $\pm 0,16$ км/сек.

Результаты эти представляют лишь первую попытку получить смещение спектральных линий, не прибегая к небесным телам. Прибор наш далеко не закончен, и я надеюсь со временем получить более удовлетворительные результаты, чем представленные в настоящей статье. Вид прибора показан на рис.6, на котором обозначены: а - щель

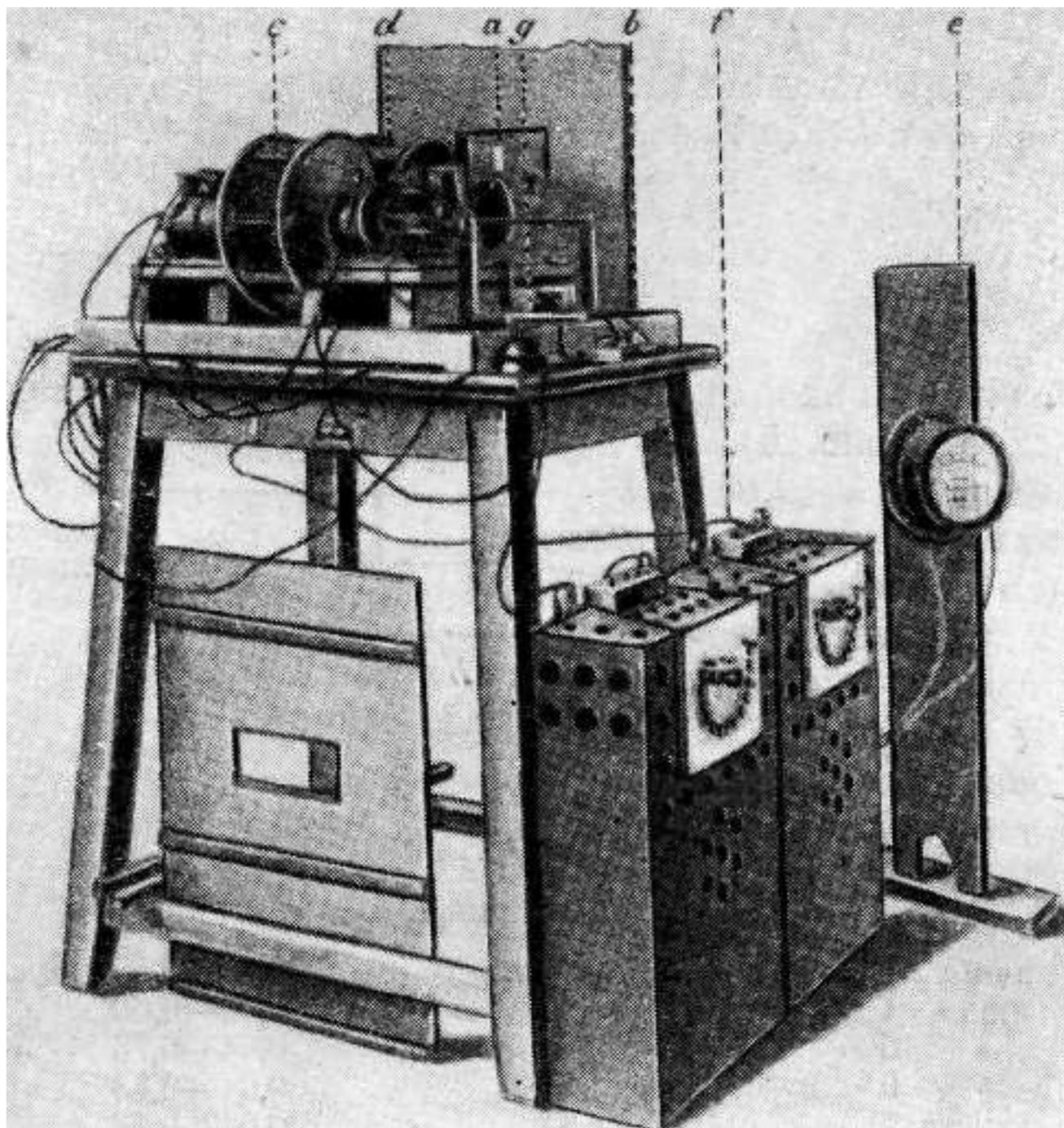


Рис 6.

для пропуска лучей от гелиостата, b - коммутатор для перемены направления тока, c, d - колёса с зеркалами, e - амперметр, f - магазины сопротивлений, g - общий коммутатор. Один щит снят и находится под столом.

[5] ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ПОДЧЁРКИВАНИЯ СЛАБЫХ ЛИНИЙ ЗВЁЗДНЫХ СПЕКТРОГРАММ

А.А. БЕЛОПОЛЬСКИЙ

*) Доложено на заседании физико-математического Отделения 9 февраля 1900 г. Впервые напечатано в Известиях Академии наук, 1900, т. XII, №2.

Давно известно, что копии на стекле контрастнее оригиналов. Контрастность увеличивается, как известно, в значительной степени, если копию усилить (солями ртути и аммиаком, например) и вновь её скопировать. Таким путём можно с густого негатива получить изображение детали, с трудом лишь на нём заметной. Этот способ, однако, не годится для обработки звёздных спектрограмм, где линии так нежны и тонки, что осадок чернения, всегда довольно крупный, может их исказить.

Но так как копии с одного и того же оригинала негатива при наложении плёнками совпадают благодаря тому, что стороны спектрограмм одинаковы, то этим способом можно заменить чернение копий. Процесс заключается в следующем. С данного оригинала делают на мелкозернистых пластинках (например, диапозитивных) две копии. Их склеивают канадским бальзамом или каким-нибудь клеем (лучше медленно засыхающим) так, чтобы искусственные линии одинаковых длин волн совпали. С такой склеенной копии делают в натуральную величину снимок обыкновенного камерой. Полученный негатив уже будет контрастнее оригинала. Повторяя затем с этим негативом то же, что и с первым, т. е. склеивая две копии с него вместе, мы получаем позитив, затем опять негатив, значительно контрастнее предыдущих. Продолжение этой процедуры или заканчивание её зависит от качеств первого негатива, т. е. от атмосферных условий (прозрачность неба и постоянство температуры во время экспозиции).

Этот способ имеет то преимущество, что взаимное расположение деталей совсем почти не меняется, ибо плёнка со стекла не снимается, как, например, в способе Бурин-ского. Что точность измерений не страдает при копировании, видно будет из следующего измерения спектрограммы звезды $R\ \text{Суг}$ (5 зв. вел.). Эта звезда даёт в своём спектре ряд парных линий водорода и гелия, причём один компонент пары блестящий, другой тёмный. Светлые занимают нормальное место в спектре, тёмные же все смещены к фиолетовому концу спектра. Звезда на основании этого принадлежит к типу 1с по Фогелю.

Осенью 1899 г. автору удалось 30-дюймовым рефрактором и спектрографом с двумя призмами и при них камерой с фокусным расстоянием 250 мм получить коллекцию спектрограмм этой звезды, совместно с искусственными линиями водорода, железа и всегдашнего спутника разряда- воздуха. Кроме упомянутых особенностей спектра этой звезды, на пулковских снимках обнаружилось присутствие в нём линий азота, причём и эти линии, подобно линиям водорода и гелия, парные и состоят из блестящего и тёмного компонентов. Эти детали, однако, так слабы, что подметить их можно лишь при некоторой опытности.

Одна из полученных спектрограмм была подвергнута обработке по описанному выше способу, и уже на 4-й спектрограмме получили такую контрастность, что всякий без труда может видеть на этой копии описанные детали.

Затем автор измерил положение спектральных линий как на оригинале, так и на копии и вычислил соответствующие длины волн по формуле Гартмана *). Как видно из прилагаемой к статье таблицы, точность осталась на копии почти та же, что и на оригинале. Постоянные вычислены по линиям $X = 430,807; 452,495$ и $486,150 \text{ m}\mu$.

Контрастность копий дала возможность перемерить и такие линии, которые в оригинале только различались, но¹ при мало-мальски большем увеличении микроскопа исче-

*) Publ. obs. Potsdam, vol. XII; Ap. J., 8, № 4.

зали. Затем характер сплошного спектра совершенно изменился, и копия показывает, что мы имеем дело со звездой сложной, весьма аналогичную переменной звезде α Кита (α Cet) .

Этот способ увеличения контрастности может оказать услугу и при исследовании спектрограмм звёзд II типа.

Контрастную копию легче увеличивать, чем оригинал.

Подобным образом в звезде ζ Aur вызваны были пары (раздвоившиеся вследствие лучевой скорости) линий, которых на оригинале и не подозревали. Те же результаты получены и для спектрально-двойной ζ Большой Медведицы.

В следующей таблице даны отсчёты при наведении на линии, затем величина n (разность отсчётов на данную линию и на искусственную $A = 452,495 \text{ m}\mu$.) и длина волны. После замечаний даны табличные длины волн для линий железа (Кайзер и Рунге), для водорода (Потсдам), для азота (Neovius) . Большинство линий, названных блестящими, составляют характерную особенность спектра и происходят, вероятно, от того, что сплошной спектр звезды богат полосами поглощения. Промежуток между такими полосами может производить впечатление блестящей линии. Это замечание не относится к блестящим линиям, находящимся на краях тёмных линий.

ρ Cygn1 . . .

Копия с оригинала 1899, сентября 22

$$\lambda = 292,108 \text{ m}\mu + \frac{(4,5986454)}{247,444 + n}$$

Отсчёт	n	λ	\times табличное	Разность
3,845 R	+ R	430,807 m μ . Искусственная линия	430,807 m μ .	-
	38,692			

спектра железа

7,485 "	35,052 "	432,594 "	То же	432,594 "	+0,000 тр.
10,406 "	32,131 "	434,062 "	Искусственная линия	434,066 "	+0,004 "
<i>спектра водорода</i>					
18,666 "	23,871 "	438,383 "	Искусственная линия	438,372 "	-0,011 "
<i>спектра железа</i>					
22,531 "	20,006 "	440,497 "	То же	440,493 "	-0,004 "
42,537 "	0 "	452,495 "	Искусственная линия	452,495 "	-
<i>спектра олова</i>					
57,834 "	15,297 "	463,063 "	Искусственная линия	463,082 "	+0,019 "
<i>спектра азота</i>					
85,454 "	42,917 "	486,150 "	Искусственная линия	486,150 "	-
<i>спектра водорода</i>					

<i>Отсчёт</i>	<i>n</i>	<i>1</i>	
10,431	+32.1С6 R	434,07	тр. блестящая, на краю тёмной.
13,207	" 29,330 "	435,50	" тёмная, тонкая. . ' .
18,122	" 24,415 "	438,09	" тёмная, широкая. - '■
18,446	" 24,071 "	438,27	" блестящая, тонкая; вероятно, часть сплош-
			<i>ного спектра между полосами поглощения.</i>
19,056	23,481 "	438,59	" тёмная, широкая.
20,921	" 21,616 "	439,61	" тёмная, между двумя более светлыми частями
			<i>сплошного спектра.</i>
22,646	" 19,891 "	440,56	" более яркая, чем смежная часть сплошного
			<i>спектра.</i>
23,598	" 18,939 "	441,09	" тёмная.
24,744	" 17,793 "	441,74	" тёмная, очень широкая.

10.	"	17,287	"	442,02	"	блестящая, очень заметная; может быть,
25,250						
						Na, X 442,0 нф., Na, I 442,3 тр..
11.	"	16,862	"	442,26	"	блестящая, слабая.
25,675						
12.	"	16,287	"	442,59	"	тёмная, довольно ясная.
26,250						
13.	"	15,708	"	442,92	"	тёмная полоса, может быть, двойная.
26,829						
14.	"	14,723		443,49	"	
27,814						
15.	"	14,096	"	443,85		тёмная, широкая полоса.
28,441						
16.	"	13,032	"	444,47	"	тёмная, тонкая; рядом ещё одна, трудно
29,505						
						измеримая., может быть, N, X 444,72 тр..
17.	"	12,458	"	444,81	"	тёмная.
30,079						
18.	"	10,966	"	445,69	"	тёмная, широкая полоса.
31,571						
19.	"	10,447	"	446,00	"	блестящая линия, или сплошной спектр
32,090						
						между полосами поглощения.
20.	"	9,726	"	446,43	"	то же, как № ig.
32,811						
21.		8,416	"	447,22	"	блестящая, яркая линия He; X 447,13.
34,121						
22.	"	8,936	"	446,90	"	"резкая линия He \ "слабая 1 широкая, тём-] ? ная полоса "не
33,601						резкая j поглощения. " " ")
23.	"	7,703	"	447,65	"	
34,834						
24.	"	7,281	"	447,91	"	
35,256						
25.	"	7,065	"	448,04	"	
35,472						
26.	"	6,892	"	448,15	"	блестящая; может быть, Mg, X 481,14.
35,645						
27.	"	6,628	"	448,31	"	блестящая, характерная особенность сплош-
35,909						
						ного спектра.
28.	"	5,538	"	448,98	"	тёмная, край обращен к фиолетовому концу, резкий, блестящая,
36,999						как № 27.

29.	"	4,343	"	449,73	
38,194					
30.	"	4,015	"	449,93	" блестящая, как № 27.
38,522					
31.		3,720	"	450,12	" тёмная.
38,817					
32.	"	3,005	"	450,57	" блестящая, как № 27.
39,532					
33.	"	2,378	"	450,97	" блестящая, как № 27.
40,159					
34.	"	2,001	"	451,21	" блестящая, как № 27.
40,536					
35.	"		+	451,66	" тёмная, хорошая. , ?
41,244		1,293			
36.	"		+	" 452,31	" тёмная, слабая.
42,257		0,280			
37.		-0,419	"	452,76	" тёмная, слабая; начиная отсюда, в сплошном
42,956					спектре мало подробностей.
38.	"	-0,608	"	452,89	" блестящая, хорошая.
43,145					
39.	"		+	" 453,15	" блестящая, как № 38, может быть, N, X 453,2
43,545		1,008			

Отсчёт		H		X	
40.		2,763	R	454,21	тёмная, отчётливая.
45,300					
41.	"	3,976		455,11	" тёмная, шире, чем № 40.
46,513					
42.	"	6,209	"	456,6"	тёмная, как № 41.
48,746					
43.	"	7,368	"	457,42	тёмная, может быть, двойная.
49,905					
44.	"	8,106	"	457,93	" темная, слабая.
50,643					
45.	"	9,026	"	458,57	" блестящая, как № 27; может быть, Mg, X 458,7.
51,563					
46.	"	9,299	"	458,76	" блестящая, как № 27.
51,836					
47.	"	11,062	"	460,00	" тёмная; N, X 460,13.
53,599					

48.	"	11,875 "	460,58 "	"	тёмная; N, X 460,72.
54,412					
49.	"	12,783 "	461,23 "	"	тёмная, очень слабая; N,) . 461,42.
55,320					
50.	"	13,845 "	462,00 "	"	тёмная, со светлой на краю.
56,382					
51.	"	14,067 "	462,16 "	.	блестящая на краю № 50; N.). 462,20.
56,604				>	
52.	"	15,083 "	462,91 "	"	тёмная, очень резкая.
57,618					
53.	"	15,327 "	463,085 "	"	блестящая; N, к 463,09.
57,864					
54.	"	16,715 "	464,11 "	"	тёмная, очень ясная; N,). 164,05 или O, X 464,19.
59,252					
55.	"	17,645 "	464,81 "	"	тёмная; O, X 464,92.
60,182					
56.	"	17,744 "	464,88 "	"	блестящая; O, X 464,92.
60,281					
57.	"	17,840 "	464,95 "	"	тёмная; N, X 465,10.
60,367					
58.	"	18,073 "	465,13 "	"	блестящая, как № 27; N, X 465,10 или O.
60,610					
59.	"	18,439 "	465,41 "		блестящая, как № 27.
60,976					
60.	"	18,822 "	465,70 "	"	блестящая, как № 27.
61,359					
61.	"	19,384 "	466,13 "	"	тёмная.
61,921					
62.	>	19,674 "	466,35 "	"	блестящая, как Kz 27.
62,211					
63.	"	20,605 "	467,06 "	"	блестящая, как № 27.
63,142					
64.	"	20,834 "	467,34 "	"	тёмная.
63,371					
65.	"	21,026 "	467,39 "	"	блестящая, между двумя тёмными.
63,563					
66.	"	21,197 "	467,52 "	"	тёмная.
63,734					
67.	"	22,515 "	468,55 "	"	блестящая, как X? 27.
65,052					
68.		22,782	468,76	"	тёмная, ясная.
65,319					
69.	"	22,972	468,91		блестящая, ясная.
65,509					

70.	"	23,481	"	469,31	"	тёмная, слабая.
66,018						
71.	66.E62	"	24,025	"	469,74	тёмная, ясная.
72.	"	24,892	"	470,43	"	тёмная.
67,429						
73.	"	25,738	"	471,11	"	тёмная, очень резкая.
68,275						
74.	"	26,032	"	471,35	"	блестящая, яркая; He, X 471,33.
68,569						
75.	"	26,894	"	472,05	"	блестящая. Здесь сплошной спектр прекра-
69,431						щается.
76.		42,920		486,15		блестящая, очень яркая; H, X 486,15.
85,457						

$$\lambda = 291,888 \text{ м}\mu + \frac{(4,555520)}{176,066 + n}$$

Следующая таблица содержит длины волн линий по измерениям на оригинале

Отсчёт n	X ?	табличное	Разность
79,342	432,596 Искусственная линия спектра железа		табл. -0,002
76,711	434,060 " " "водорода	434,066	+0,006
69,263	438,376 "" "" железа	438,372	-0,004
47,696	452,495 "" "" олова	452,495	0,000
33,875	463,079 ' >> "" азота	463,09	+0,011
1.	77,164 438,81 тёмная, резкая; H, X 434,066 мμ..		
2.	76,670 434,08 блестящая, очень яркая; H, X 434,066.		
3.	75,958 434,48 тёмная.		
4.	75,810 434,57 блестяща?.		
5.	68,777 438,67 темная, резкая; He, X 438,81. .		
6.	67,219 439,61 блестящая.		
7.	63,321 442,01 блестящая.		
8.	55,686 446,96 тёмная, очень резкая; He, X 447,18.		
9.	55,208 447,21 блестящая, очень яркая; He, X 447,18.		
10.	44,028 455,17 тёмная.		
11.	41,995 456,69 тёмная.		
12.	37,461 460,19 блестящая; N, X 460,13.		

13. 36,921 460,62 *тёмная; N, X 460,72.*
14. 35,149 462,03 *тёмная; N, X 462,20.*
15. 34,055 462,92 *тёмная; N, X 463,09.*
16. 33,824 463,15 *блестящая; N, X 463,09.*
17. 32,646 464,08 *тёмная; N, X 464,05.*
18. 31,736 464,83 *тёмная; N, X 465,10; O, X 464,92; Fe, X 464,76. ; .*
19. 24,466 471,10 *тёмная; He, X 471,33.*
20. 24,187 471,35 *блестящая; He, X 471,33.*
21. 9,247 485,82 *тёмная, очень резкая; H, X 486,15.*
22. 8,918 486,16 *блестящая, очень яркая; H, X 486,15.*

[7] ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ГЕЙСЛЕРОВЫХ ТРУБОК

А. А. Белопольский

*) Доложено на заседании Отделения физико-математических наук 20/7 марта 1918 г. Напечатано в Известиях Академии наук, 1918, стр, 1033.

Явления неполного согласия спектров свечения комет-ных голов и хвостов с таковыми же свечениями газов, получаемыми в лабораториях, заставляют искать всё новых условий свечения газов, имеющих в распоряжении физиков. Много, конечно, разъяснено: спектр кометных хвостов оказался в большой степени схож со спектром СО в катодных свечениях. Линии газов в ядре кометы исчезают при малом перигельном расстоянии, когда появляются, линии натрия, - это тоже удалось воспроизвести в лаборатории Гассельбергу и Видеману, нагревая трубку с парами металлов и газов до известной температуры, и т. д. Но такое явление, как присутствие всегда одного и того же спектра у всех комет, который приписывается углеводороду (одному из них, ибо спектры углеводородов не отличаются друг от друга), остаётся до сих пор загадкой, как и многое другое. Kayser в I томе своей "Handbuch der Spectralanalyse" указывает на важность новых исследований спектров свечений гейслеровых трубок при разных: давлении, температуре и других условиях.

Нынешним летом я подверг исследованию целый ряд гейслеровых трубок с водородом, гелием, азотом и углеводородами (метан, бензол и ацетилен, судя по надписям).

Водородные трубки (всего 17 шт.) большей частью очень старые, не моложе 10 лет.

Меня интересовал спектр свечения их в толстой части трубки; свечения всегда очень слабые, а потому требующие большой выдержки для получения фотографии спектра. Чтобы избежать продолжительной экспозиции и нагревания трубки (что могло осложнить явление), я сконструировал спектрограф большой светосилы: одна призма из лёгкого флинта с преломляющим углом 60°, коллиматор длиной в 280 мм и камера с объективом, дающим изображение на расстоянии 50 мм от заднего стекла; щель употреблялась шириной 0,04 мм. На ней имеется приспособление для одновременного фотографирования спектров от двух источников света. Голова камеры позволяла вставлять длинную кассету. Передвигая её, можно на одной пластинке ($2^{11} \wedge \text{УС}, \wedge 2 \text{ см}$) получать до девяти спектрограмм. Длина спектра между Нз и № равна 3 мм.

Для усиления яркости свечения газа в толстой части трубки я воспользовался малым звонковым электромагнитом, между полюсами которого помещал исследуемую часть трубки: свет концентрировался на стенке трубки в виде довольно яркого пучка с прослойками. Таким образом я довёл время экспозиции от 4-5 минут до 30-40 секунд, и нагревания трубки в- этот короткий промежуток времени едва ли можно было ожидать.

Ток получал от румкорфовой спирали с камертонным прерывателем. Примитивный ток - 4 вольта. Для определения длины волн разных полос рядом со спектром исследуемой трубки снимался спектр гелия или вольтовой дуги между

железными электродами или капиллярной части водородной трубки.

Для сравнения вида спектра рядом фотографировался спектр трубки, содержащей один из углеводородов (метан, бензол, ацетилен от Miiller - Uhri, Braunschweig).

Экспозиция капиллярных свечений была от 2 до 5 секунд. Прежде всего я снял совместно спектры упомянутых углеводородов.

Спектры их оказались весьма сходными, особенно метана и бензола; большее различие с этими двумя представляет ацетилен.

Привожу ниже таблицу оценки интенсивности полос в спектрах метана (CH_4) и бензола (C_6H_6),

		Метан	Бензол
		CH_4	C_6H_6
493	ttifi	более тонкая,	более широкая "
		резкая	
486	"	резкая полоса	" "
464	"	" "	размытая
458	"	размытая полоса	немного размыта
449	"	менее ясная	более ясная
445	"	" "	" "
442	"	"", слабая	" "
434	"	более ясная	\на некоторых очень слаба \ снимках от . .
431	"	" "	у> у>] еутствует.
420	"	очень широкая	очень широкая
418	"	тонкая	тонкая, размытая:
406	"	"	ясная, широкая
399	"	слабая	широкая, ясная
388	"	самая ясная,	
		резкая	
387	"	слабее преды-	группа тонких линий,, не-

		дущей	совпадающих с линиями; $CH_4; 1$
386	"	слабая, размы-	
		тая	
385	"	очень слаба	

На глаз сплошной спектр метана простирается значительно дальше в фиолетовом конце, чем спектр бензола. Что касается спектра ацетилена (на этикетке значится CH), то спектр его, за исключением группы 388-386 $m\mu$, отличается от спектров CH_4 и C_2H_2 присутствием нескольких ярких полос $\lambda = 436, 450, 483 m\mu$. Среди коллекции

трубок лаборатории имеется большая трубка длиной в $1/2$ м и толщиной около 35 мм. Спектр её свечения оказался до мелочей тождественным с трубкой метана.

К удивлению, гейслеровы трубки с водородом дали от свечений в капиллярной и широкой частях совершенно различные спектры. В капиллярных частях получились обычные линии H^{\wedge}, H, H_d, H_f и H^{\wedge} . Свечение же толстых частей трубок совсем не дало в спектре водородных линий; спектр в большей части таких трубок получился почти тождественный со спектром упомянутых двух углеводородных трубок метана и бензола. Приведу описание некоторых спектров.

Трубка № 12

Капиллярная часть Толстая часть

Водородные линии очень яркие: H^{\wedge}, H, H_d, H_f и H^{\wedge} ; нет. Полосы метана есть все. также есть линии (полосы), принадлежащие метану (CH_4).

Трубка № 10 (1894 г.).

Капиллярная часть Толстая часть

Водородные линии H^{\wedge}, H, H_d водородных линий нет. По- H_8 и H_e и полосы бензола, лосы, тождественные с полосами в спектре бензола.

Трубка № 3 (1898 г.)

Капиллярная часть Толстая часть

Водородные линии H^{\wedge}, H, H_d водородных линий совсем H_f и H , и полосы, тожде- нет. ственные с полосами метана.

Полосы, сходные с полосами метана или бензола, и несколько слабых полос лишних. Полная тождественность со спектром свечения большой трубки.

Трубка № 1 (неизв. год)

Капиллярная часть Толстая часть

Водородные линии Щ , H_2 Водородных линий совсем

H_6 , H , и H_2 и слабый, спектр нет. Полосы метана сне-

метана, ' большим видоизменением ^.

: Трубка № 5 (неизв. год)

Капиллярная часть Толстая часть

Водородные линии H_p , H_f Водородных линий нет. По- H_8 , H_6 и $l \sim L$. Полосы бен- лосы бензола или метана, зола и т. д.

То же можно сказать про трубки № 4, 7, 8, 11, 14, 15 и 17.

Между тем трубка № 6, кроме углеводорода, в фиолетовой части спектра содержит, повидимому, линии, сходные с линиями азота как в капиллярной, так и в толстой части.

В следующей таблице (на стр. 123-125 - прим. ред.) даны длины волн эфира, вычисленные по формуле Корню - Гартмана по измерениям на спектрокомпараторе. Для постоянных формулы взяты линии гелия.

Согласие в л нужно считать в пределах $l m j j$. как вследствие слабой дисперсии прибора, так и вследствие того, что полосы дают некоторый простор при наведении нити.

Ввиду сходства спектров свечения в толстых частях водородных трубок со спектром углеводорода я предпринял более детальное исследование спектра в трубке с метаном.

Я сфотографировал этот спектр прибором со значительно большей дисперсией*) (1 мм = 8 Å для H_m). Трубка экспонировалась 25 мин. Получился спектр со множеством хороших линий, среди которых выступили, как самые яркие, линии водорода H_p , H_2 , H_5 . Экспонировалась капиллярная часть. Группы линий совокупностью до 12 составляли, очевидно, те полосы, длины волн которых даны мной во второй таблице.

Вместе со спектром свечения трубки на той же пластинке сфотографирован спектр паров железа, соприкасающийся с двух сторон со спектром трубки.

*) Большой звёздный спектрограф с тремя призмами и камерой 500 мм длины с кривой щелью,

Металл	Бензол	Ацетилен	Водород	Водород	Водород	Водород	Водород	Трубка
А.	C₆H₆	(C ₃ H ₃) ? X	(№ 9) X	(№ 10) К	(капилл.) № 13 X	(толст, ч) № 13. X	(№ 14) X	35 мм К
								375,3 я.
(379,5) т.				379,1 1 379,5 (379,7 т.
								380,4 я.
						381,6		
								385,0 р.
385,9 р.				385,9				386,1 р.
387,0 я.		381,1 я.		386,9 о. с.			387,2 я.	387,0 я.
					387,3 с.			
388,1 я.		388,2 я.		388,7 о. с.	388,4 т.		388,3 я.	388,2 я.
								391,4 с.
								394,5
394,7					397,3 т.		397,4 т.	
399,2 я.				399 с.			399,8 ш.	399,5 я.
				402,3 о. с.		401,8 с.		
		405,0 с.	405,3 я.	404,0 о. с.				
406,6 я.				406,3 д. я.		406,8 с.		407,0 я.
	407,8 я.		407,0 р.					
		412,0 р.			412,4 я.	411,7 я.	412,2 я.	

Продолжение

Метан CH_4	Бензол Л	Ацетилен (C_2H_2) ?	Водород (№ 9)	Водород (№ 10)	Водород (капилл.) № 13 X	Водород (толст. ч.) № 13	Водород (№ 14)	Трубка 35 мм
X		X	X	K		X	\	X
417,8я.	418,9я.	419,2	418,2р.	417д.я.	418,2о.с.	417,0о.ш.	418,2т.	
				419,5			419,9т.	418,6я.
420,4я.	421,9я.	420,9с.ш.	421,2р.		421,0о.с.	420,1ш.	421,6т.	420,3ш.
	431,4о.с:							
430,8д.я.		431,2р.	431,9		431,5о.с.			430,7с.
433,8д.я.		434,0о.с.	434,6					433,7с.
	435,4о.с.							
		436,2я.	436,6я.			437,8ш.		
		438,6о.с.			439,8с.ш.		438,8ш.	
442,0с.				441,0с.				441,6с.
	443,2о.с.				442,0о.с.		442,0т.с.	
				444,6с.				
452,2с.	446,9с.				445,9с.	(445,9)	446,3т.с.	445,0с.
449,3с.				449,2с.				449,2с.
	451,1я.	450,6я.			450,6д.я.	450,3я.	450,4я.	
		454,6я.			(454,0)			
457,7я.				457,1я.		457,0о.с.		457,7я.
	459,8я.		458,6р.		458,4д.я.		457,6д.я.	
462,9я.		463,1ш.		462,6я.		(462,8)		463,1я.

Продолжение

Метан CH_4	Бензол C_6H_6	Ацетилен (C_2H_2) ?	Водород (№ 9) X	Водород (№ 10)	Водород (капилл.) № 13	Водород (толст, ч.) № 13	Водород (№ 14) X	Трубка 35 мм
X	K	X		X	X	X		X
	465,0я.		464,5я.		464,5д.я.			

466,7 о. с.				466,9)		(466,7) ш.		467,3 с.
468,2 о. с.	469,7 с.			467,7 / ш _				
ЛТЛС\п			472,4 р.	471,1				472,0 с.
4 / 1 , УЯ.	474,8 с.	483,1 я.				482,6 я:		
486,2 я.	488,5 я.	487,0 я.	487,8 я.	485,4 Д. я.				486,2 я.
л по о п			492,0 т.					493,2 я.
4У^, УЯ.	495,6 я.	494,0 о. с.	495,6 я.	491,8 д. я.				
				494,0 о. с.				
501,0 о. с.	503,7 о. с.		502	496,0 о. с. 499,8 о. с.				
	510					518,1 о. с.		
	Обозначения буквами: я. -			-ясная	д. я. - довольно ясная			
		т. -		- тонкая	о. с. ■ - очень слабая			
		ш. -		- широкая	р. - размытая			
		с. -		- слабая	т. с. - тонкая, слабая			

Измерения линий с оценкой их яркости от 1 до 5 были произведены на приборе с винтом 100 мм длиной (Мессера в Пулковке). Так как линии прямые (щель спектрографа кривая), то поправок за кривизну вводить не приходилось. Постоянные формулы Корню - Гартмана с показателем $a = 1/2$ вычислены по системе Роуланда.

В следующей таблице даны результаты измерений:

	эй ограф,	-аи:	линий	і № 12. спек- Ф,	ой ограф,	-аи;	ЛИНИЙ
Трубка Малый трогра метан	Больш спектр метан	Интеш ность	Число	Трубка Малый трогра метан	Больш спектр метан	Интеш ность	Числэ
X	X			X	X		
	406,26	3-4 }			430,40	3-4	
ясн. 406,64	406,70	3	3	д. я. 430,79	430,62	1	
	406,98	2 1			431,26	1	-
	410,37	2?H ₆			431,39	шир.	/

	416,52	1			431,53	шир.		
	417,20	4			432,79	<^ 1		
д.я. 417,82	417,37				433,28			
	417,54	1-2		д.я. 433,76				
	417,73	4-5	7		434,06	H _v >5		
	418,03 418,23	2-3 3		[о.с.	437,96	1 1		
	419,58	3		438,6] **)	439,10			о
	420,00	2-3			440,13	1 J		
я. 420,42	420,53	4 >	5		441,08	2		
	420,98 420,81	шир. 3-4			441^24 441,44	3-4 1		
	422,26	2			441,48	1 края		
	422,42	1				ярче		
[я. 421,9]*)	422,76	<^ 1		ел. 441,96	441,75	2		о
	423,38				441,96	<^ 1		
	429,69	1?			442,05	<^ \ края		
	429,81	2				ярче		
					442,33	1		
					442,59	1-2		
					444,54	2-3		
*) Бензол.								
**) C ₂ H ₂ .								

Продолжение

"за"	■&■	енсив-зь	ло линий		ьшой арэграф, ан	енсив-зь	ло линий
	га						
	, = &						
	оо						

Тру	0u0)	II	СJ		0dц		u
Мал	[Q o S		у		IQ u S		S
ТрЭ1							у
мет							
X	X			X	X		
	444,78	4			453,88	2 шир.	
	445,02	< ^ 1 шир.			454,39	2	
ел. 445,16	445,30	1		[я. 454,60] ^{2*})	454,81	1	5
	445,69	3			455,11	3	
	445,90	1			455,50	2	
	446,12 446,42 446,72 447,20 447,44 447,73	4 2 1 1-2 1	12		455,87 456,24 456,39 456,83 457,28 457,60	3 1-2 5 4-5 3	10
	448,22	1)		я. 457,69	457,82	2-3	
	448,62	3 \	1 П		458,02	5	
	448,80	2-3 {			458,27	3-4	
	449,06	4 J			459,87	- 1	
ел. 449,32	449,38	1			460,76	1-2	
	449,83	4			461,84	3-4	
	450,21	3	10		462,52	3	7
[я. ш.	450,57	3			462,81	4-5	/
450,57] **)				я. 462,94	463,19	5	
	450,90	- 1			463,42		
	451,11	шир.			464,56	1	
	451,44	1-2			465,32	3	
	451,58	1			466,11	3 шир-	
	452,17	1	(Г	Ш. О. С.	466,29	3-4	
[д. яс.	452,42	2-3 шир.'	0	466,72			10

451,12] *)					466,58	1	
	452,92	1			467,13	2-3	
	453,46	2-3			467,32	1?	
					467,50	1	
*) Бензол.							
**) С	Л.						

Продолжение

№ 12. лек-	-раф,	-а:	иний		фаф,		иини
Трубка Малый i трограф метан	Большо] спектро метан	Интенс ность	Число	Трубка Малый (трограф метан	БОЛЬШО1 спектро! метан	Интенс ность	Число
К	Х			1	К		
	467,92	1 1	10		478,58	1 шир.	
	468,24	1 1			479,44		
о. с. 468,18	468,40 468,66 469,04 469,19	3-4 \ 1- 2 1 2 1-2 J	4		479,77 482,35 483,30 483,83 484,36	3 1? 2 1? 1	
	470,94	2			484,96	3	11
	471,01				485,67	2-3	
	471,12	1	6	я. 486,22	486,15	6	
я. 471,91	471,41	1			486,70	< 1	
	471,91	2-3			486,97	<^ 1	
	472,32	3-4			487,33	3	
	474,32	1 шир.			487,62	1	
	476,38	2		я. 492,88	492,88	4 \	2
	477,22				493,43	4 }	
	477,76	1		о. с. 500,96			

	478,12	1-2					
--	--------	-----	--	--	--	--	--

Весьма любопытное сопоставление полученных длин волн таблицы III с таковыми же, данными Гассельбергом для так называемого второго спектра водорода *) , а также Фростом **) и Уатсоном ***), находится в нижеприводимой таблице.

Гассельберг делал весьма обширные исследования, чтобы получить так называемый второй спектр водорода. Его числа, отнесённые к системе Ангстрема, пришлось редуцировать на роуландовскую систему по таблице, составленной графически.

*) Met. Ac. St. Pt, XXXI, № 14. **) Ap. J., XVI, № 2. ***) Hd. d. Sp., B. 5.

Для λ от 406 m\>. до 440 Ш|а редукция = -\ - 0,075 m\>. Эта область фотографировалась. От 440 гп]х до 490 гп;а и далее измерения производились визуально и редукция получилась следующая:

442,5 m[A -|- 0,02 mр 450,0 m^ + 0,10 mр.

445,0 " +0,6 " 452,0 " +0,11 "

446,5 " +0,7 " 458,0 " +0,10 "

447,5 " +0,08 " 463,0 " +0,10 "

449,0 " +0,09 " 468,0 " +0,09 "

Фрост измеряет линии, получавшиеся от свечения старой трубки, наполненной гелием. Не делая сопоставления с Гассельбергом, он только замечает, что получившиеся и исследованные им линии, помимо линий гелия, повиди-мому, принадлежат второму водороду.

"К второго спектра H	Уатсон		Гассельберг		Белопольский CH ₄	Белопольский CH	
Фрост m [J .	m [J-		П11-1.		mil		
			—	—		404,67	3,5
—	406,26	6	406,28	3	406,26 3-4	406,29	1,5
. .	406,28	3	408,39	2	- -	-	-
	406,70	6	406,71	3,4	406,70 3	406,70	3
.	406,98	6	406,96	4	406,98 3	406,98	3

.	407,14	2	407,14	1,2	-		.
, ,	407,31	2	407,31	1	- -	.-	
	407,42	2	407,43	1	- -. .	-	
, _	407,90	3	. 407,80	5	-	407,80	2
.			-	-	-	407,90	1-2
	408,16	1	408,16				,
,	408,25	3	408,26	1	- -	-	.-
.	408,42	0	408,31	1	-	-	-
—	408,54	2	408,54	1	- -	-	-
	408,79	4	408,79	2	-	408,79	2
	408,90	1	-	-	-	-	-
. .	409,56	1	409,56	1	- -	-	-
.	409,62	1	409,61	1	- -	-	-
.- -	409,76	2	409,76	1	-		

Продолжение

Продолжение

Х второго спектра H	Ватсон		Гассельберг		Белопольский СН.		Белопольский СН	
<i>фрост</i>							<i>тр.</i>	
	410,64	2	410,62	1			-	
- -	410,81	1	410,80	1	-	-	-	■-
- -	410,95	1	410,94	1	-	-	-	-
	411,02	1	411,01	1	-	-	-	-
- -	412,39	0	-	-	-	-	412,34	1
-	414,58	1	414,55	1	-	-	-	-
-	414,64	1	414,61	1	-	-	-	-
- --- .	415,69	2	415,66	3	-	-	415,68	2
.	415,95	1	415,94	2	-	-	-	--
-	416,21	2	416,21	2	-	-	416,21	1

- -	416,37	2	416,37	1	-	-	416,36	1
- -	416,53	1	416,53	1	416,53	-1	416,53	1
- -	416,77	0	416,76	1	-	-	-	-
	417,14	4	417,14	4	417,20	4	417,14	4
	417,53	3	417,52	3	417,54	1,5	417,53	2
	417,73	6	417,72	6	417,73	4-5	417,72	4-5
- -	417,79	2	417,78	2	-	-	-	-
---	417,97	2	417,97	2	-	-	-	-
-	418,03	2	418,02	5	418,03	2-3	418,02	1
-	418,23	4	418,22	3	418,23	3	418,23	2-3
- -	419,58	3	419,57	3	419,58	3	419,58	2
- -	419,83	1	419,84	2	-	-	419,70	0-1
-	420,00	3	419,99	3	420,00	2-3	-	-
- -	420,58	8	420,51	6	420,53	4	420,58	4
- -	420,63	1	420,62	1	-	-	-	-
- -	420,93	3	420,92	2	420,90	-	420,92	1
.	421,03	3	421,02	2	-	-	421,02	1-2
	421,27	5	421,25	4		.-	421,26	3
	422,23	2	422,23	3		-	422,24	1-2
-	422,27	2	422,27	3	422,26	2	-	-
	422,41	3	422,41	2	422,42	-	-	-
- -	422,47	2	422,46	1	-	-	-	-
-	422,76	2	422,75	1	-	-	-	-
- -	423,28	2	423,28	1	-	-	-	-
- -	423,36	2	423,36	2	-	-	-	-
- -	423,40	1	423,40	1	-	-	-	-
- -	423,76	0	423,66	2	-?	-	-	-
- -	424,36	2	424,34	2	-	-	-	-
		-			-	-	429,14	1
. .			-	-	-	-	429,22	2-3
- -	-	-	-	-	-		429,68	1

X второго спектра H Фрост		Ватсон ту.		Гассельберг		Белопольский СН,		Белопольский СН	
	—	429,84	0	—				429,80	1
—	—	430,41	0	—	—	—	—	430,41	2,3
435,85	4	—	—	—	—	—	—	435,75	5
—	—	437,96	1	437,95	2	437,96	1		
—	—	438,93	1	438,92	1	—	—	.	
439,11	1-2	439,11	1	439,10	2	439,10			,
440,09	0-1	440,09	1	440,09	2	440,13	1	—	
—	?—	441,08	1	441,06	1	441,08	1		
441,25	4	441,24	3	441,24	3	441,24	3-4		
441,75	3	441,75	2	441,74	2	441,75	2		
441,44	1-2	441,44	1			441,44	1		
441,52	0-1	441,52	1	—		441,48	1		
		441,97	1	441,94	1	441,94	0		
—	—	442,05	1	442,03	1	442,05	0		
442,34	0-1	442,34	1	442,33	1	442,33	1	—	—
—	—	442,53	1		—		—	442,52	1
442,61	1-2	442,61	1	442,59	1	442,59	1-2		—
—	—	444,16	0	444,14	1	—	—	—.	—
■—	—	444,31	0	444,29	4?	—	—	—	
—	—	444,44	1	444,42	1	—	—	—	,
444,54	2-3	444,54	3	444,53	2	444,54	2-3	444,54	1-2
444,78	3	444,77	4	444,76	3	444,78	4	444,78	3-4
445,01	1	445,01	1	444,98	1	445,02	0	.	
—	—,	445,10	1	445,08	1	—		445,14	1
445,32	0-1	445,32	1	445,29	1	445,30	—		—
—	—	445,59	1	445,56	1	—	—.		
445,69	3	445,70	2	445,67	2	445,69	3		
445,90	2	445,90	1	445,88	1	445,90	1	—	—
446,12	4-5	446,11	6	446,09	3	446,12	4	446,12	3-4
446,42	1	446,43	1	446,38	1	446,42	0	—	—
446,73	1-2	446,73	3	446,69	2	446,72	2	446,73	1

-	-	447,17	1	447,16	1			.	-
447,44	2	447,44	3	447,40	2	447,44	1-2	447,44	1-2
447,72	1	447,73	2	447,70	1	447,73	1	-	-
-	-	447,92	1	447,86	1	.-	-	-	-
-	■	448,14	0	448,00	1	-	-	-	-
448,22	1	448,22	1	448,18	1	448,22	0-1	-	-
448,62	3	448,62	3	448,60	2	448,62	3	448,66	1-2
448,80	3	448,80	3	-	-	448,80	2-3	448,80	1-2
449,06	5-6	449,06	5	449,06	5	449,06	4	449,06	3-4
449,38	1-2	449,39	1	449,37	1	449,38	1	-	-

9*

Продолжение

Продолжение

X второго спектра H		Ватсон		Гассельберг		Белопольский СН,		Белопольский СН	
Фрост		П1р.		rap.					
mp						1,	mp		
449,82	3	449,83	4	449,84	4	449,83	4	449,83	3-4
450,22	3	450,21	3	450,20	1	450,21	3	450,23	2
450,58	2	450,58	3	450,59	1	450,58	3	450,58	1-2
-				.-				450,40	1
450,91	2	450,93	0			450,90	0	450,91	1
451,10	4	451,11	2	450,10	1	451,11		451,09	0-1
	-	451,19	2			451,21	Д-		. .
-	.-	451,40	0					450,40	0-1
451,45	1	451,45	0	.		451,44	1-2		-
451,57	0-1	451,57	0	451,59	1	451,58	1	-	-
452,16	1	452,16	1	452,15	1	452,17	1	452,17	1-2
-	-	452,34	0	452,34	1			-	-
452,43	3	452,43	2	452,41	2	452,42	2-3	-	-

452,94	1-2	452,93	2	452,92	2	452,92	1	-	- -
453,33	1-2	453,33	2	453,32	1	-	-	453,32	0-1
-	-	453,43	2		-	.	-	-	-
453,46	5dp	453,48	2	453,48	3	453,46	2-3	453,46	2
453,84	1	453,79	0	453,81	1	.-	-	453,82	0
?-	-	453,85	0	.-	-	453,78	Д.	-	-
453,93	1	453,94	2	453,94	1			453,94	1-2
454,39	1-2	454,39	2	454,39	1	454,39	2	454,39	1-2
-	-	454,81	1	454,81	1	454,81	1	-	-
455,03	1	455,01	1	455,00	1	.		455,01	0
455,11	4	455,11	2	455,12	2	455,11	3	455,12	2-3
455,43	1-2	455,43	3	455,43	3	455,50	2	455,43	2
455,75	1	455,74	2	455,75	2	.		455,74	0-1
455,88	4-5	455,87	2	455,88	2	455,87	3	455,87	2
456,24	1	456,24	2	456,24	2	456,24	0	456,25	0-1
456,40	2	456,39	1	456,39	2	456,39	1-2	456,38	1
456,84	5	456,83	7	456,82	4	456,83	5	456,83	4-5
457,29	5	457,29	5	457,27	4	457,28	4-5	457,29	4
457,61	2	457,61	3	457,58	2	457,60	3	457,60	1-2
457,82	2-3	457,82	2	457,81	2	457,82	2-3	457,82	2
458,02	5	458,02	7	458,04	4	458,02	5	458,02	4-5
458,18	2	458,18	2	458,18	1			458,17	1-2
458,28	2-3	458,28	6	458,30	3	458,27	3-4	458,28	3-4
459,87	2	459,87	1			459,87	0	459,86	1-2
460,76	2	460,76	2	460,76	1	460,76	1-2	460,76	1-2
-	-	461,77	3	461,78	3			-	-
461,85	3	461,84	3	461,85	3	461,84	3-4	461,84	3
-	-	-	-	-	-	462,48	-	-	-

Х второго спектра H	Ватсон		Гассельберг		Белопольский СН,		Белопольский СН
Фрост	mjj.		mp.		mp.		m j.

<i>mp.</i>									
462,55	3	462,54	2	462,53	2	462,56		462,55	2
462,82	4-5	462,82	6	462,79	3	462,81	4-5	462,81	4-5
463,20	6	463,21	6	463,17	4	463,19	5	463,19	5-6
463,42	6	463,42	9	463,41	4	463,42	?6	463,42	5-6
463,48	4-5	463,48	3	463,46	1	-	-	463,48	2-3
464,55	1-2	464,55	1	464,54	1	464,56	1	-	-
465,32	2	465,32	4	465,33	2	465,32	3	465,32	3
466,06	1	466,05	2	466,06	1	466,11	3	466,06	0
466,16	0-1	466,16	3	466,17	2	-	-	466,16	0-1
466,30	2	466,29	4	466,31	2	466,29	3-4	466,29	2
		466,57	2	466,59	2	466,58	1	466,57	0
467,15	1-2	467,15	2	467,17	2	467,13	2-3	467,13	1-2
		467,33	1	467,34	1	467,32	1	467,31	0
		467,46	1	467,49	2	467,50	1	-	-
467,93	0-1	467,93	2	467,92	1	467,92	1	467,91	0-1
		468,25	2	468,26	2	468,24	1	468,26	0-1
468,40	2	468,40	4	468,39	3	468,40	3-4	468,39	3
	. .	468,69	2	468,66	1-2	468,66	1-2	468,66	0-1
469,03	3	469,03	3	469,03	2	469,04	2	469,03	2
		469,22	1	469,21	1	469,19	1-2	-	-
-		470,97	3	470,96	2	470,98	2	470,96	0
						<i>/171 П1</i>			
		471,12	1	471,12	1	4/ 1, U1	1		-
						471,12			
		471,41	2	471,40	2	471,41	1	471,41	0
471,91	3-4	471,92	6	471,92	4	471,91	2-3	471,22	3-4
472,32	4-5	472,32	6	472,32	3	472,32	3-4	472,32	3-4
		474,29	1	474,28	1	474,32	<i>1в.</i>	-	-
-		476,40	3	476,34	2	474,38	2	-	
		477,76	2	477,73	2	477,22			
						477,76	1	477,77	0
		478,11	2	478,07	2	478,11	1-2	-	-

		478,62	1	478,59	1	478,58	1в.	-	-
		479,41	1	479,39	2	479,44	-	-	-
	—	479,79	3	479,77	3	479,77	3	479,76	1-2
		481,77	1			.	-	481,77	0
								481,96	0
		482,31	2	482,31	2	482,35	1?	482,16	0
		483,29	1			483,30	2	483,30	0-1
				,				483,53	0-1
-	-	483,84	2	483,82	2	483,83	1?	483,85	0

Продолжение

Х второго									
спектра Н Фрост тр.	Ватсон р-т		Гассельберг		Белопольской	СН ₄	Белопол СН	эСКИЙ	
			mil		тр.		тр.		
- -	484,36	1	484,36	1	484,36	1	484,36	0	
-	484,95	4	484,95	3	484,96	3	484,96	1-2	
	485,67	4	485,67	2	485,67	2-3	485,67	1-2	
	486,72	1	486,72	1	486,70	1			
-	486,96	1	486,97	1	486,97	0			
-	487,32	3	487,32	3	487,33	3	487,32	0-1	
	487,61	2	487,60	3	487,62	1	487,62	o!	
	492,89	5	492,88	5	492,88	4	492,92	4	
	493,44	4	493,43	5	493,44	4	493,41	4	

Рядом с к даны интенсивности линий по оценке каждого из нас. Шкалу интенсивности Фроста можно перевести на мою по следующей табличке, полученной графически:

Интенсивность по Интенсивность по

Белопольскому Фросту

1-2 5

2 6

2-3 7

3 8

3-4 10

4 12

4-5 ■ 14

5 17

5-6 20

6 -24

Так как метан даёт спектр, тождественный со спектром толстой части водородной трубки, то получаем такое сопоставление; спектр свечения под действием электрического тока получается один и тот же в четырёх случаях:

1) в толстой части водородной трубки;

2) в капиллярной трубке, наполненной метаном (или бензолом);

3) в специально изготовленной, содержащей второй водород;

4) в старой трубке, наполненной гелием *).

Невольно напрашивается желание объяснить этот странный результат тем, что под влиянием электрического тока в рассматриваемых трубках образуется всегда один и тот же газ, обуславливающий этот спектр, который общ всем четырём трубкам, и вспоминается мнение Бертелло и Ришара (С. R. T., 68), что в электрическом разряде сложные тела распадаются или соединяются в новую комбинацию. Между этими двумя процессами разложения и комбинации происходит неустойчивое равновесие, но наступает момент, когда электрический ток не может произвести дальнейших видоизменений в составе веществ, и получается спектр этого устойчивого соединения, характеризуемого спектральными линиями, которые получаются и в водородных, и в гелиевых, и в углеводородных трубках. Вертелло считал таким стойким соединением ацетилен (C_2H_2) или одну из производных этого газа.

*) Среди коллекции спектрограмм химических элементов в лаборатории нашлись спектрограммы водорода, полученные большим спектрографом. На них, кроме обычных водородных, находится множество тонких и слабых линий. Рассматривая их под спектрокомпаратором вместе со спектром метана, исследованного в настоящей статье, я нашёл, что большинство линий общее.

[8] СОЛНЕЧНЫЙ СПЕКТРОГРАФ АКАДЕМИИ НАУК

А.А. Белопольский

**) Бюллетень Комиссии по исследованию Солнца, № 1, 1932 г.*

Солнечный спектрограф системы Литтрова с фокусным расстоянием в 7 м и большой целостат, изготовленные в Англии фирмой Грэбба по заказу Академии наук, были получены в 1923 г. и временно установлены на территории Пулковской обсерватории с разрешения её директора.

В конце сентября было сделано испытание функционирования целостата и получены пробные снимки спектров. Весной 1924 г. были начаты пробы систематического исследования вращения Солнца и других вопросов, связанных со спектроскопией Солнца. Дисперсия спектрографа дана на стр. 142.

Целостат находится в раме, перемещающейся вдоль двух вертикальных массивных стальных цилиндров при помощи длинного винта. Перемещение отмечается по шкале. Вертикальные цилиндры укреплены в чугунной тележке 1,60Х02 м; высота над рельсами 34 см; на ней же помещается механизм с гирей для вращения зеркала. Тележка на четырёх колёсах катается по рельсам длиной в 4,30 м, снабжённым шкалой; между рельсами промежуток в 0,76 м; они расположены вдоль первого вертикала. Когда целостат установлен в надлежащем положении, то особым механизмом колёса тележки поднимаются, и целостат устанавливается сам собою неподвижно на рельсах, на чугунных стойках. Рельсы связаны тремя железными полосами и лежат на трёх каменных столбах, покоящихся на стене здания Астрофизической лаборатории.

Т" Описанный прибор помещается в деревянной будке на крыше здания.

Когда все щиты будки (временная установка) сняты (5 шт.) и боковые (восточная и западная) дверцы открыты, Солнце освещает зеркало целостата при всех азимутах от -90° до $+90^\circ$ или (во время солнцестояния) от -5^h до $+5^h$ часового угла, а для склонения $+10^\circ$ от -5^h35^m до $+5^h35^m$ часового угла. ЖС южной стороны от будки целостата поставлены

четыре стойки из брёвен, нижние концы которых опираются на железные кронштейны, в свою очередь упирающиеся в стену здания. На этих столбах прикреплена четырьмя болтами стойка второго зеркала диаметром в 370 мм (15 дюймов). Расстояние центров первого и Ж второго зеркала, когда первое в меридиане, равно * 0,76 м; над вторым зеркалом деревянная будка с открывающимися северной и южной стенками (выдвижными). Оправа второго зеркала снабжена ключами, позволяющими направлять зеркало так, чтобы лучи проходили через объектив на третье зеркало, помещающееся внизу, на цементной площадке перед окном лаборатории. Для того чтобы направлять луч, у будки второго зеркала помещена большая прямоугольная призма, в которую видно третье зеркало, так что, глядя в призму, манипулируют ключами σ второго зеркала до тех пор, пока луч не попадает на ' середину третьего зеркала. Под целостатом и вторым зеркалом находится комната-балкон размером 4x4 м. В ней помещается металлическая рама с двумя вертикально установленными стальными цилиндрами в 1,45 м длины, по которым скользит оправа объектива, имеющего 200 мм в диаметре и 12,8 м фокусного расстояния. Оправа висит на металлическом шнуре, за который можно перемещать объектив, находясь в лаборатории.

В потолке и полу этой же комнаты имеются отверстия для пропуска луча, идущего от второго зеркала вертикально вниз.

Регулирование хода часового механизма целостата осуществляется посредством маятника, находящегося в лаборатории (электрический регулятор Рессела).

Штатив третьего плоского зеркала, как сказано выше, помещён на прочном цементном кронштейне перед нижним окном южной комнаты лаборатории. Оправа перемещается при помощи рукоятки в двух направлениях от наблюдателя - по азимуту и по высоте.

В лаборатории на расстоянии 2,79 м от внутренней стены помещается часть спектрографа с щелью и здесь же находится фокальная плоскость объектива (фокусное расстояние 12,8 м).

Горизонтальный литтровский спектрограф покоится на трёх солидных кирпичных столбах, отстоящих второй от первого и третий от второго на расстоянии $3\sqrt{2}$ м. На этих столбах положены каменные и цементные плиты, на них литые чугунные подставки длиной 90 см, шириной 42 см. Они состоят каждая из трёх наложенных друг на друга пластин толщиной 50 мм; нижняя пластина неподвижно покоится на каменном столбе. На ней положена вторая, способная перемещаться относительно первой в горизонтальном направлении с помощью винтов, находящихся сбоку. На второй пластине помещается третья, которую можно наклонять к горизонту особыми винтами. Когда достигнуто надлежащее положение пластин, их закрепляют крупными болтами - винтами.

На верхних пластинах находится по четыре колеса, помещённых по углам. На эти колёса накладываются три чугунные трубы-крайние две длиной 90 см (внутри одной - дифракционная решётка и объектив-коллиматор, на конце другой - щель и место для кассеты). Средние части этих труб представляют параллелепипеды с точными круглыми кольцами на концах, которые и лежат на упомянутых колёсах. Часть спектрографа, находящаяся на среднем столбе, цилиндрическая, вдвое меньшей длины, чем крайние; она также покоится на четырёх колёсах. Все три трубы снабжены зубчатыми кольцами. Рядом, параллельно описанным трём трубам, на стойках находится длинный (7 м) стальной стержень, снабжённый шестернями, находящимися в сцеплении с зубчатыми кольцами на трёх трубах; этот длинный стержень обуславливает одновременное одинаковое вращение всех трёх частей.

К средней трубе от конца, где находится щель, проведён ключ с колесом-рукояткой, за которую можно вращать среднюю часть спектрографа, а стало быть, и обе крайние трубы одновременно.

При установке прежде всего выверяют параллельность осей всех трёх труб. Для этого имеются трубочки: визирующая с окуляром и визируемая - объектив с кре-

г-ц-.

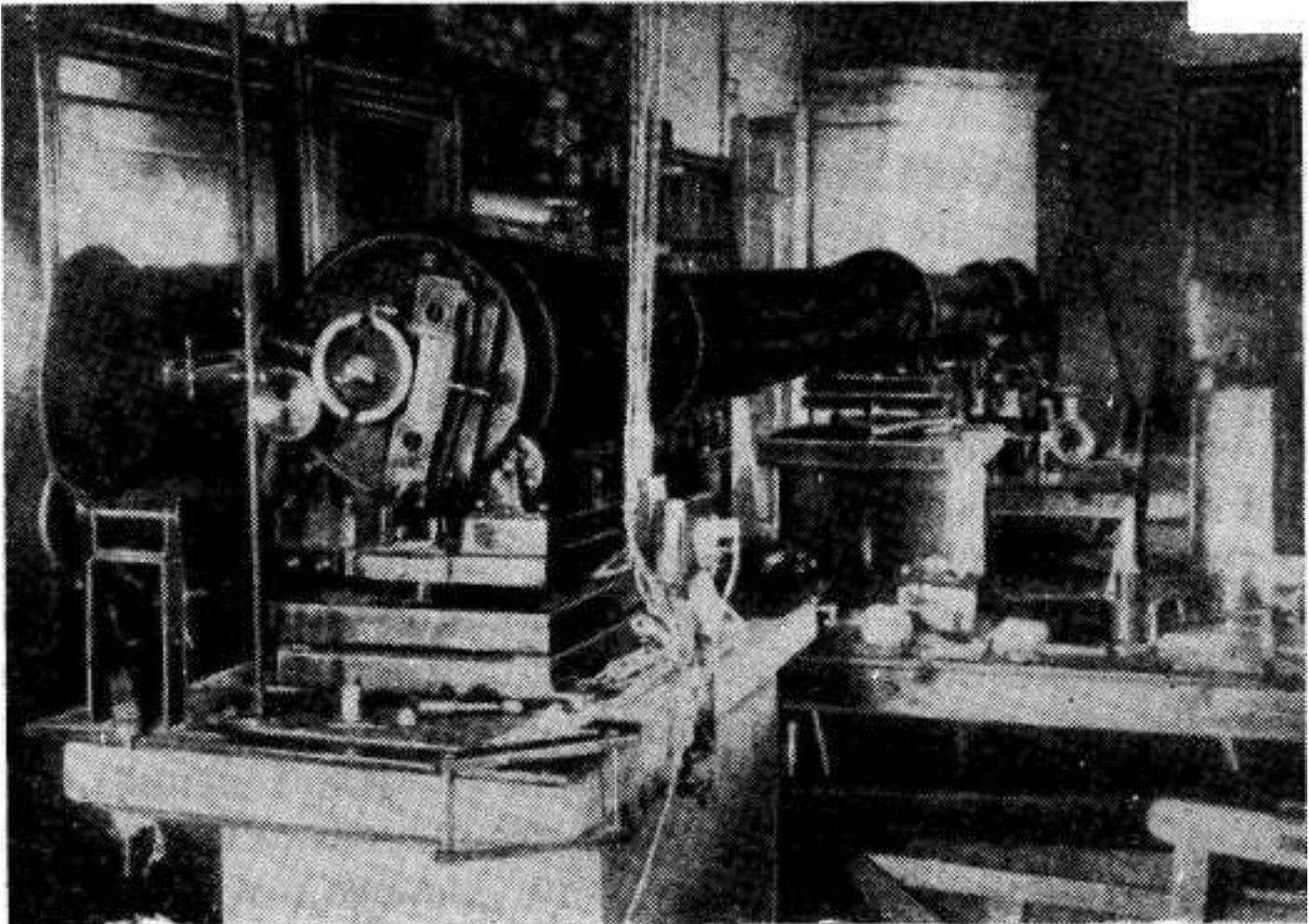


Рис. 1. Солнечный спектрограф Академии наук.

стом нитей в фокусе. Для проверки на внешние точёные концы крайних труб надевают приспособления для накладки визирующей трубочки и трубки коллиматора. Восемью винтами добиваются того, чтобы видимый крест коллиматора при вращении труб спектрографа ходил равномерно около креста трубочки визира. Опыт повторяют, перемещая трубочку с одного концевое места на противоположное. Затем меняют положение подставок спектрографа до тех пор, пока при вращении нити коллиматора и визира не будут оставаться на месте (пересечение нитей). Когда это будет достигнуто в достаточной степени, отвинчивают приспособления для коллиматора и визира и привинчивают диск, на котором находятся щель и место для кассеты.

На другом конце спектрографа привинчивается объектив-коллиматор и вставляется в оправу дифракционная решётка. Регулируют щель по штрихам решётки. Затем регулируют положение решётки в оправе особыми винтами: необходимо, чтобы при вращении решётки около её оси (ключ действует от щели) разные порядки спектров оставались в поле кассеты. Последняя операция очень деликатна.

Внутри, у окна комнаты, помещаются рукоятки: 1) для движения третьего зеркала; 2) для перемещения объектива; 3) для вращения спектрографа около оптической оси (поворот отсчитывается на круге с верньером; круг разделён на целые градусы); 4) рукоятка, вращающая при помощи стержня, проходящего внутри трубы, дифракционную решётку. Поворот решётки отсчитывается на разделённом на градусы круге, помещённом на оси вращения решётки.

Передвижение объектива автоколлиматора производится кремальерой на оправе объектива. Перемещение его отсчитывается на разделённом барабане (100 делений).

Управление первого зеркала для передвижения изображения Солнца по часовому углу производится шнурком, проведённым через ряд блоков в лабораторию. Шнурок вращает колесо на оси червяка,двигающего сектор первого зеркала.

Передвижение изображения вверх и вниз производится другим шнурком, поворачивающим рычаг на оси второго зеркала. Устройство электрического регулятора часового механизма основано на том, что вращение передаётся червяку при помощи трения двух соприкасающихся дисков: один из них соединён с червяком, другой соединён сдвигающим механизмом. Первый диск снабжён тремя зубцами, которые могут сцепляться с зубцом на якоре электромагнита. Этот зубец заскакивает через одну секунду, будучи притягиваем электромагнитом, в котором ток прерывается секундным маятником.

При исследовании Солнца на щель спектрографа надевается приспособление, позволяющее получить рядом спектры разных точек на диске и на краю Солнца. Это приспособление состоит из четырёх прямоугольных призм. Две призмы отшлифованы так, что одна кончается носиком, а другая рогаткой. Таким образом, например, один край Солнца даёт два спектра, а другой - один, между вышеупомянутыми двумя. Эти призмы расположены так, что щель параллельна (касательна) краю изображения. Имеется для этой же цели окошечко без призм, которое можно наполовину закрывать заслонкой и подводить по очереди к нему противоположные точки края изображения Солнца.

Эти приспособления можно заменить следующими двумя:

- 1) На щель накладывается диск с двумя призмами - одной большой, на которую устанавливается центр изображения Солнца, другой маленькой, катеты которой равны 1 мм. Эта призмочка проектирует центр Солнца на щель. Край Солнца проектируется непосредственно на щель.
- 2) Другой диск с четырьмя призмами, проектирующими на щель противоположные точки края изображения Солнца. Эти призмы расположены так, что щель перпендикулярна к краю изображения.

Для предохранения пластинки от вуалирования от постороннего света три металлические трубы спектрографа соединены деревянными стержнями, на которые натянута чёрная материя.

Дифракционная решётка работы Брешира - Андерсона; её диаметр 5 дюймов, площадь 7,2X9,9 см. Общее число штрихов 55 332; число штрихов в дюйме 14 953, число в миллиметре - 589.

В 1930 г. Н. А. Козырев произвёл спектрофотометрическое исследование спектрографа.

Предварительные данные интенсивностей фальшивых линий (духов), полученные по линиям ртутной дуги, приводятся в табл. I (стр. 142). Как видно из табл. I, интегральная интенсивность фальшивых линий (духов) достигает в среднем 14% интенсивности настоящих линий.

Дисперсия в 1 мм в ангстремах при различных порядках:

I II III IV

380-400 . 389-656 .

4,9 4,8

2,4 2,3

1,5 1,3

0,7 0,8

Поворот решётки при различных порядках:

I II III IV

3800 A 6°25' 12°56' 19°34' 26°35'

3934 6 39 13 28 20 19 27 39

4000 6 45 13 37 20 41 28 51

4220 7 8 14 23 21 53 29 47

4260 7 12 14 31 22 6 30 6

4280 7 14 14 36 22 12 30 15

4340,6 7 20 14 48 22 32 30 44

4400 7 27 15 1 22 52 31 12

4900 8 17 16 46 25 38 35 14

5200 8 48 17 49 27 20 37 45

5890 9 59 20 17 30 59 43 54

6560 118 22 43 35 23 50 33

	<i>Та</i> блица				
	<i>Пластика</i> № 8		<i>Пластика</i> № 9		
	<i>правые духи</i>	<i>левые духи</i>	<i>правые духи</i>	<i>левые духи</i>	
I	4,7 2,4	4,5	3,8 2,1	4,5	
II	0,7	2,1	0,4	1,6	
III		0,6		0,3	
. . . .	7,8	7,2	6,3	6,4	
	<i>Итого</i>	15,0%	<i>Итого</i>	12,7%	

ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНО-ДВОЙНЫХ И КРАТНЫХ ЗВЁЗД

А.А. Белопольский

*) Доложено на заседании физико-математического Отделения 6 ноября 1896 г. Впервые напечатано в Известиях Академии наук, 1897, т. VI, № 1. . . .

[1] О ЗВЕЗДЕ at **БЛИЗНЕЦОВ КАК СПЕКТРАЛЬНО-ДВОЙНОЙ** *)

В Известиях Академии наук за март 1896 г. были напечатаны мои предварительные исследования об этой звезде, оказавшейся на основании её спектра двойною. С тех пор мне удалось собрать всего 32 спектрограммы с помощью 30-дюймового рефрактора, к которому был привинчен спектрограф с двумя призмами работы Галле в Стеглице. 30-дюймовый рефрактор получил новое приспособление, значительно облегчающее наблюдателю возможность держать на щели спектрографа любую из составляющих какой-нибудь кратной звезды. Это приспособление заключается во вспомогательном стекле диаметром в 60 мм, помещённом на расстоянии 1070 мм от прежнего фокуса. Стекло это собирает в точку фиолетовые лучи звезды, так что в этих лучах наблюдатель видит теперь звезду, а не большой диск, как было раньше. Подробности об этом стекле были напечатаны в Ар. J .

Спектр рассматриваемой звезды принадлежит к I типу по Фогелю, именно, к тому подразделению этого типа,

к которому принадлежат Сириус, а Лебедя и др. В спектре этого типа, кроме широких водородных, видно множество тонких линий металлов. Это обстоятельство увеличивает точность при определении лучевых скоростей, а также представляет существенное различие со спектром α^2 Близнецов, так что, несмотря на близость этих двух звёзд, нет возможности их перемешать между собой в спектрографе.

В следующей таблице даны длины волн для линий, находящихся в наших спектрограммах. В соседнем столбце помещены названия элементов, в спектре которых данная линия встречается, а цифра означает относительную толщину линии по Шайнеру.

№	A	Элемент	№	X.	Элемент
1	455,0 m.		18	430,84 x m (a	Fe 10
2	448,9	Fe 6	19	429,98	Fe 10
3	448,12	10	20	429,42	Fe 10
4	445,9 x	Fe 9	21	427,40	-
5	442,75	Fe 9	22	427,22	Fe 10
6	441,5 x	Fe 10	23	426,08	Fe 10

7	440,5 ^x	Fe 10	24	425,45 ^x	-
8	439,55 ^x	Fe 3	25	425,04	Fe 10
9	438,4 ^x	Fe 10	26	424,77 ^x	Fe 9
10	437,52	-	27	423,6	Fe 9
11	437,02 ^x	Fe 7	29	422,7	Fe 9
12	436,82 ^x	Fe 7	30	421,95	Fe 7
13	435,3	Fe 9	31	421,6	-
14	434,07	H	32	420,2 ^x	Fe 10
15	432,62 ^x	Fe 10	33	419,8 ^x	Fe 10
16	431,5	Fe 10	34	418,8	Fe 10
17	431,3	-	35	417	Fe 7

Продолжение

№	X	Элемент	№	X	Элемент
36	414,4 mp.	Fe 10	47	404,6 ffl.J.	Fe 10
37	413,2	Fe 10	48	403,5	Fe 5
38	411,9	Fe 9	49	403,3	Fe 5
39	410,2	H	50	403,1	Fe 7
40	407,7	Fe 7	51	401,3	-
41	407,2	-	52	400,5	Fe 7
42	406,4	Fe 10	53	397	Fe 8
43	405,75	Fe 2	54	394,42	-
44	405,5	Fe 5	55	393,4	Fe 5
45	405,3	Fe 3	56	392,8	Fe 8
46	404,9				

Кроме этих [линий], есть ещё следы весьма слабых, длину волны которых определить трудно.

Первое подозрение, что звезда α^1 Близнецов представляет систему, у меня было ещё в 1894 г. Именно, две спектрограммы, снятые 7 и 11 апреля, по измерении и приведении на Солнце дали следующие скорости: + 3,3 г. м./сек. и -1,2 г. м./сек. *).

Вскоре после того я передал 30-дюймовый рефрактор в другие руки и попробовал продолжать спектральные исследования, привинтив малый спектрограф к астрографу. И тут ясно обнаружилось, что звезда меняет свои лучевые скорости в короткий промежуток времени, но других результатов, вследствие малой точности, даваемой инструментом, получить было нельзя. Лишь в 1896 г. я получил возможность снова приступить к исследованию этой звезды с помощью больших приборов. С 1 января по

*) Старые единицы: географические мили в секунду-г. м./сек.
(прим. ред.).

in a," 171Q А. А. Белопольский

26 апреля удалось получить 32 спектрограммы, послужившие материалом для настоящего исследования.

Спектрограммы экспонировались обыкновенно около одного часа на пластинках высокой чувствительности. Посредине экспонировался водород в течение 1-2 минут. Из всех сортов пластинок, попадавших в мои руки в последнее время, я отдал предпочтение фирме Гюллемина (в Париже). Проявлял преимущественно железным проявителем, а также нередко эосом, изготовляемым Бруно - Зенгером в Петербурге.

Следующие моменты соответствуют середине экспозиции спектрограммы:

1896, января 1,425 среднего пулков- 1896, марта 17,354 среднего пулковского времени ского времени

" 20,450 " " 24,380 "

февраля 7,425 " " 30,350 "

" 15,446 " " 31,363 "

" 19,438 "апреля 1,359 "

" 22,417 " " 3,355 "

" 23,418 " " 7,355 "

" 24,418 " " 8,355 "

" 25,334 " " 11,342 "

" 26,357 " " 14,350 "

" 27,367 " " 17,446 "

марта 8,364 " " 19,390 ,,

" 9,320 " " 20,388 "

" 11,321 " " 22,408 ,,

" 14,380 " " 24,446 "

" 16,329 " " 26,386 "

Измерение спектрограмм производилось с помощью прибора работы Тепфера по первому способу Фогеля. При этом я пользовался спектрограммами Солнца №№ 50, 51, 52 и 54. Кроме того, для исследований измерены были две спектрограммы а Bootis, снятые при совершенно одинаковых условиях с исследуемой звездой. В следующей таблице даны разности отсчётов А при наведении на одну и ту же линию в спектре звезды и Солнца. Эти величины выравнены графически (Д_х) и тем же путём найдены разности между линией Н_γ в звезде и в Солнце. Всё выражено в оборотах винта.

а' Блинецов; 3,4 величины

1896, января 1; первое измерение января 1; второе измерение

Спектрограмма Солнца № 50

X АД > 455,0 mil + 0,337 об. + 0,355 об. ⁴⁴⁵ ₉ " -0,189 " +0,154 " 442,75 " + 0,090 " + 0,087 " 440,5 " +0,022 " +0,035 " 439,5 " -0,015 " +0,012 " ₄ 35,2 " -0,104 " -0,083 " 432,5 " -0,114 " -0,145 " 420,2 " - 0,361 " - 0,425 " Н. в звезде - ¹⁰⁸ "		X Д 441,5 тц + 0,298 об. 440,5 " + 0,264 " 439,5 " +0,187 " 438,4 " +0,187 " 435,2 " +0,134 " 431,5 " - 0,015 " 430,02 " - 0,024 " 429,4 " - 0,027 " 427,2 " - 0.220 " Н в звезде		Д, + 0,285 об. + 0,254 " + 0,224 " + 0,193 " + 0,101 " - 0,002 " - 0,044 " - 0,060 " - 0,228 " + 0,070 "			
Н. искусств.		- U, Uk " "		1 Нискуств.		- 0,209 "	
Смещение - 0,132 об.		1 "		Смещение - 0,139 об.			
января 20; первое измерение				января 20; второе измерение X Д ^{Д1}			
X А 455,0 mil - 0,264 441,5 " - 0,082 440,5 " - 0,085 431,9 " + 0,096 427,2 " +0,101 426,1 " +0,190 420,2 " +0,155 419,7 " +0,125 Н в звезде Н искусств.		-1 об. -0,270 об. " ' - 0,090 " " - 0,075 " " + 0,038 " " + 0,101 " " + 0,117 " " + 0,199 " " + 0,204 " - 0,010 " + 0,123 "		442,3 mil + 0,236 об. 441,5 " + 0,238 " 440,5 " + 0,198 " 432,2 " + 0,079 " 431,9 " + 0,096 " 431,5 " + 0,083 " 431,42 " + 0,066 " 427,2 " + 0,003 " 426,1 " - 0,001 " Н в звезде (Нискуств.		+ 0,245 об. + 0,230 " + 0,215 " + 0,086 " + 0,084 " + 0,075 " + 0,075 " + 0,010 " - 0,010 " + 0,116 " + 0,001 "	
Смещение + 0,113 об.		1 .		Смещение + 0,117 об.			
фев])аля 7; первое измерение		февраля 7; второе X Д		измерение д.	

X Д441,5 тп- 0,642	a_1 об. 0,652 об. "	441,5 тп 0,660 об.	0,656 об.
439,5 " 0,636	0,629 " "	439,5 " 0,623 "	0,630 "
437,0 " 0,545	0,599 " "	437,0 " 0,565 "	0,592 "
436,8 " 0,595	0,597 " "	436,8 " 0,603 "	0,590 "
430,8 " 0,554	0,527 " "	435,2 " 0,550 "	0,567 "
429,42" 0,512	0,509 " "	432,6 " 0,548 "	0,534 "
427,2 " 0,446	0,480 " "	429,4 " 0,520 "	0,490 "
426,1 " 0,490	0,468 " "	427,2 " 0,453 "	0,460 "
420,2 " 0,333 Нв	0,400 " +	426,1 " 0,429 " Нв звезде	0,446 " +
звезде	0,565 "		0,554 "
ТН искусств. 7	-0,392 "	Искусств.	- 0,405 "
	Смещение + 0,173 об.	Смещение + 0,149 об.	

февраля 15; второе измерение

X	ϑ	Ai	X	ϑ	Л,
441,5 тп.	0,410 об.	0,430 об.	442 тп.	0,438 об.	0,445 об
4Ю,5"	0,427 "	0,415 "	441,5 "	0,419 "	0,430 "
439,5 "	0,424 "	0,399 "	440,5 "	0,426 "	0,420 "
430,8 "	0,333 "	0,264 "	439,5 "	0,406 "	0,408 "
427,2 "	0,168 "	0,204 "	436,8 "	0,388 "	0,376 "
426,1 "	0,170 "	0,183 "	430,8 "	0,319 "	0,306 "
Н в звезде		+ 0,316 "	427,2 "	0,230 "	0,260 "
7 Н" искусств.		-0,232 "	426,1 "	0,184 "	0,249 "
У			420,2 "	0,215 "	0,177 "
	Смещение + 0,084 об.		Н в звезде		+ 0,344 "
			Н. искусств.		- 0,223 "
			Г	Смещение + 0,121 об.	
1	февраля 19 Д		X	февраля 22 д	А,
441,5 тп.	0,538 об.	0,522 об.	441,5 тп.	+ 0,024 об.	-ь 0,010 об.
440,5 "	0,499 "	0,502 "	440,5 "	- 0,014 "	- 0,008 "
438,4 "	0,438 "	0,455 "	438,4 "	- 0,063 "	- 0,048 "
436,8 "	0,400 "	0,420 "	437,6 "	- 0,066 "	- 0,062 "
430,8 "	0,291 "	0,298 "	432,6 "	- 0,199 "	- 0,150 "
429,4 "	0,273 "	0,266 "	430,8 "	- 0,170 "	- 0,180 "
427,2 >.	0,218 "	0,217 "	429,4 "	-0,211 "	-0,206 "
426,1 "	0,182 "	0,194 "	427,2 "	- 0,232 "	- 0,247 "
425,45 "	0,207 "	0,184 "	426,1 "	- 0,243 "	- 0,268 "

421,6 "	0,090 "	0,098 "	425,45 "	- 0,287 "	- 0,279 "
<i>Н в звезде</i>		+ 0,364 "	<i>Н в звезде</i>		- 0,128 "
<i>Н искусств.</i>		- 0,197 "	<i>Н искусств.</i>		+ 0,246 "
	Смещение + 0,167 об.		∫	Смещение + 0,118 об.	
<i>февраля</i>	23; первое измерение		<i>февраля</i>	23; второе измерение	
X	∂	Ai	X	∂	A,
441,5 тр.	0,381 об.	0,377 об.	441,5 тр.	+ 0,332 об.	+ 0,300 об.
440,5 "	0,362 "	0,355 "	440,5 "	+ 6,289 "	+ 0,279 "
439,5 "	0,321 "	0,330 "	439,5 "	+ 0,229 "	+ 0,255 "
430,8 "	0,146 "	0,146 "	438,4 "	+ 0,186 "	+ 0,231 "
427,2 "	0,053 "	0,065 "	435,2 "	+ 0,169 "	+ 0,162 "
426,1 "	0,039 "	0,042 "	432,5 "	+ 0,070 "	+ 0,104 "
425,4 "	0,058 "	0,027 "	430,8 "	+ 0,094 "	+ 0,071 "
<i>Н в звезде</i>		+ 0,216 "	429,4 "	+ 0,025 "	+ 0,040 "
<i>Н искусств.</i>		- 0,260 "	427,2 "	- 0,050 "	- 0,014 "
T			426,1 "	- 0,028 "	- 0,036 "
	Смещение	: - 0,044 об.	425,45 "	- 0,015 "	- 0,049 "
			423,3 "	- 0,116 "	- 0,095 "
			421,6 "	- 0,127 "	- 0,131 "
			420,2 "	- 0,138 "	- 0,164 "
			<i>Н в звезде</i>		+ 0,140 "
			<i>Н искусств.</i>		- 0,207 "

	<i>февраля 24</i>	∂ _x	X	<i>февраля</i>	25
	∂			∂	A;
X	+ 0,079 об.	+ 0,078 об.	441,5 1	<i>пр.</i> + 0,038 об. + 0,045 об.	
441,5 тр.					
440,5 "	+ 0,055 "	+ 0,055 "	440,5 "	+ 0,025 "	+ 0,024 "
439,5 "	+ 0,040 "	+ 0,030 "	440,2 "	+ 0,023 "	+ 0,014 "
438,4 "	- 0,033 "	- 0,005 "	438,4 "	- 0,008 "	- 0,022 "
432,5 "	- 0,126 "	- 0,120 "	435,2 "	- 0,132 "	- 0,090 "
430,8 "	- 0,108 "	- 0,157 "	427,5 "	- 0,244 "	- 0,247 "
427,2 "	- 0,264 "	- 0,238 "	426,1 "	- 0,289 "	- 0,278 "
426,1 "	- 0,230 "	- 0,261 "	425,45 "	- 0,292 "	- 0,290 "

425,05 "	- 0,231 "	- 0,285 "	424,75 "	-0,304 "	- 0,304 "
<i>H</i> в звезде		- 0,088 "	421,5 "	- 0,275 "	- 0,370 "
7 <i>H</i> искусствЕ	1.	+ 0,187 "	420,2 419,8	" - 0,366 " " -0,388 "	- 0,399 " - 0,403 "
	Смещение + 0,099 об.		<i>нт</i> ^в	звезде	- 0,112 "
			<i>H</i> искусств.		+ 0,277 "
			<i>т</i> -■	Смещение + 0,165 об.	
<i>февраля</i>	26; первое измерение		<i>февраля</i> 26; второе измерение		
X	A	A,	x■	A	A,
441,5	<i>пр.</i> 0,410 об.	0,463 об.	441,5 <i>тр.</i> 0,431 об.		0,457 об.
440,5	" 0,4'62 "	0,440 "	440,5	" 0,455 "	0,436 "
439,5	" 0,404 "	0,419 "	439,5	" 0,411 "	0,412 "
438,4	" 0,401 "	0,392 "	438,4	" 0,386 "	0,387 "
435,2	" 0,320 "	0,320 "	435,2	" 0,318 "	0,314 "
432,5	" 0,231 "	0,259 "	432,5	" 0,248 "	0,259 "
430,8	" 0,226 "	0,220 "	430,8	" 0,216 "	0,225 "
429,9	" 0,182 "	0,198 "	429,42	" 0,188 "	0,191 "
427,2	" 0,104 "	0,131 "	427,2	" 0,126 "	0,142 "
426,1	" 0,098 "	0,106 "	426,1	" 0,114 "	0,120 "
425,45	" 0,144 "	0,091 "	425,45	" 0,140 "	0,106 "
423,3	" 0,055 "	0,055 "	423,3	" 0,048 "	0,060 "
421,6	" 0,055 "	0,004 "	421,95	" 0,041 "	0,029 "
<i>H_m</i> в 1	звезде	+ 0,293 "	421,6	" 0,040 "	0,021 "
<i>T</i>		-0,404 "	<i>H</i> в	звезде	+ 0,293 "
<i>H</i> искусств.					
1			<i>H</i> искусств.		-0,387 "
	Смещение-0,111 об.		1	Смещение	-0,094 об.
X	<i>февраля</i> 27 A	Aj	X	<i>марта</i>	8
				A	д,
441,5 <i>тр.</i> 0,697 об.		0,690 об.	441,5 <i>тр.</i> +0,135 об.		+0,130 об.
440,5 "	0,626 "	0,662 "	440,5 "	+0,104 "	+ 0,104 "
438,4 "	0,629 "	0,612 "	438,4 "	+ 0,036 "	+ 0,045 "
431,5 "	0,378 "	0,433 "	435,2 "	-0,007 "	-0,040 "

430,8 "	0,421 "	0,416 "	430,8 "	-0,174 "	-0,149 "
429,42 "	0,362 "	0,377 "	429,4 "	-0,156 "	-0,187 "
426,1 "	0,305 "	0,290 "	427,2 "	-0,213 "	-0,250 "
<i>Ну в звезде Ну искусств.</i>		+0,499 "	425,1 "	-0,298 "	-0,303 "
		-0,405 "	<i>Ну в звезде Ну искусств.</i>		-0,068 " + 0,183 "

Смещение+0,094 об.

	<i>марта 9</i>			<i>марта 11</i>	
X	A		X	A	δ ,
441,5 α x	-0,100 об.	-0,114 об.	441,5 τ	$\Pi[x+0,540$ об.	+0,564 об.
440,5 "	-0,158 "	-0,146 "	440,5 "	+0,568 "	+ 0,535 "
439,5 "	-0,135 "	-0,177 "	440,2 "	+0,502 "	+0,522 "
438,4 "	-0,226 "	-0,211 "	439,5 "	+0,508 "	+ 0,505 "
435,2 "	-0,322 "	-0,318 "	438,4 "	+0,486 "	+ 0,478 "
432,6 "	-0,408 "	-0,395 "	435,2 "	+0,313 "	+0,382 "
430,8 "	-0,426 "	-0,449 "	432,1 "	+0,358 "	+0,292 "
420,2 "	-0,786 "	-0,787 "	431,3 "	+0,260 "	+0,276 "
420,2 "	-0,786 "	-0,787 "	431,3 "	+0,260 "	+0,266 "
H_v в звезде		-0,352 "	430,8 "	+0,288 "	+ 0,258 "
i		+ 0,298 "	429,45 "	+0,212 " "	+0,212 "
<i>Ну искусств.</i>			426,1 "	+0,115 "	+0,120 "
	<i>Смещение-0,054 об.</i>		425,45 "	+0,127 "	+ 0,100 "
			423,6 "	+0,021 "	+ 0,047 "
			420,2 "	-0,071 "	-0,050 "
			H_γ в звезде		+0,348 "
			<i>Ну искусств.</i>		-0,222 "
			1 - - -	<i>Смещение + 0,126 об.</i>	
<i>марта 1'</i>	<i>1; первое измерение</i>			<i>марта 14; второе измерение</i>	
X	A	Δ ,	X	δ	δ .
441,5 τy	i +0,540 об.	+0,590 об.	441,5 τy	+0,959 об.	+0,985 об.
440,5 "	+0,566 "	+ 0,565 "	440,5 "	+0,991 "	+0,975 "
431,5 "	+ 0,353 "	+0,332 "	430,8 "	+0,919 "	+ 0,886 "

4с0,8"	+ 0,322 "	+ 0,317 "	427,2	" +0,819 "	+ 0,852 "
429,4 "	+ 0,188 "	+ 0,279 "	Ну в	звезде	+ 0,915 "
427,2 "	+0,193 "	+ 0,220 "	Ну искусств.		-0,825 "
426,1 "	+0.162 "	+0,193 "	i		
H" в звезде		+ 0,398 "		Смещение+0,090 об.	
H" искусств.		-0,338 "			
	Смещение+0,060 об.				
Ф, марта	16; первое измерение		марта 16; второе измерение		
х"	∂	А,	Х	А	Д,
441,5 mix	+0,650 об.	+0,643 об.	441,5 тy. +0,049 < б.		+0,040 об.
440,5 "	+ 0,616 "	+ 0,614 "	440,5	" +0,049 "	+ 0,031 "
440,2 "	+ 0,595 "	+ 0,602 "	440,2	" + 0,026 "	+ 0,026 "
438,4 "	+ 0,565 "	+ 0,555 "	438,4	" - 0,001 "	+ 0,010 "
435,2 "	+ 0,454 "	+ 0,462 "	435,2	" -0,040 "	- 0,022 "
432,6 "	+ 0,369 "	+ 0,390 "	432,6	" -0,071 "	- 0,046 "
430,8 "	+ 0,357 "	+ 0,340 "	430,8	" - 0,038 "	- 0,063 "
429,4 "	+ 0,305 "	+ 0,298 "	429,4	" -0,054 "	- 0,077 "
426,1 "	+ 0,215 "	+ 0,204 "	427,2	" -0,088 "	- 0,100 "
H в звезд(+ 0,432 "	426,1	" -0,107 "	- 0,110 "
H искусств.		- 0,191 "	Ну в	звезде	- 0,032 "
1			H искусств.		+ 0,257 "
		А_1_ ПОЛ1 n f,			

Смещение+ 0,225 об.

Марта 24; спектрограмма Х2 52

445,0 тy.	- 0,153 об.	-0,178 об.
441,5 "	- 0,046 "	- 0,075 "
440,5 "	- 0,019 "	-0,040 "
438,4 "	+ 0,073 "	+ 0,070 "
432,2 "	+ 0,159 "	+ 0,164 "
427,2 "	+ 0,240 "	+ 0,240 "
H в звезде		+ 0,134 "
H искусств.		-0,177

Смещение -0,043 об.

марта 29; второе измерение

марта 29; первое измерение; спектрограмма № 54

X	∂		X	∂	Д,
441,5z	n x-0,463 об.	-0,475 об.	441,5 mix	-0,462 об.	-0,461 об.
440,5	" - 0,469 "	- 0,466 "	440,5 "	- 0,445 "	-0,450 "
440,2	,, _ 0,444 "	- 0,460 "	438,4 "	- 0,456 "	- 0,433 "
439,5	" - 0,475 "	-0,455 "	435,2 "	- 0,399 "	- 0,402 "
438,4	" -0,443 "	- 0,443 "	432,6 "	- 0,404 "	-0,380 "
435,2	" -0,378 "	- 0,410 "	430,8 "	-0,359 "	-0,365 "
432,6	" -0,404 "	-0,384 "	429,4 "	- 0,355 "	-0,350 "
430,8	>, -0,353 "	-0,367 "	427,2 "	-0,302 "	-0,330 "
429,4	" -0,373 "	- 0,350 "	4?3,6 "	-0,296 "	-0,298 "
427,2	" - 0,306 "	- 0,328 "	H в звезде		-0,392 "
423,6	" - 0,289 "	- 0,292 " - 0,399 "	1 H. искусств.		+ 0,406 "
H" в звезде					
TH" искусств.		+ 0,411 "		Смещение+ 0,014 об.	
	Смещение+ 0,012 об.				
	} марта 30		X	марта 31	Д,
	AA>			A	
441,5	ту. -0,251 об. " -	-0,242 об. -	441,5 ту-	-0,308 об. -	-0,333 об. -
440,5	0,230 " " -	0,234 " -	440,5 "	0,333 " -	0.320 " -
435,2	0,205 " " -	0,184 " -	438,4 "	0,295 " -	0,294 " -
432,6	0,157 " -	0,160 " -	435,2 "	0,244 " -	0,249 " -
430.8	0,141 " " -	0,143 " -	432,6 "	0,250 " -	0,214 " -
427,5	0,113 " " -	0,111 " -	431,5 "	0,175 " -	0,200 " -
426 1	0,089 "	0,098 "	430,8 "	0,173 "	0,191 "
V	звезде	- 0,173 "	429,4 "	- 0,196 "	- 0,170 "
			427,2 "	- 0,182 "	-0,141 "
H., искусств.		+ 0,307 "	426,1 "	- 0,130 "	- 0,128 "
	Смещение+0,134 об.		425,4 " -0,118 " H. в		- 0,120 "
			звезде		- 0,234 "
	?		(H. искусств.		+ 0,485 "

Смещение+ 0,251 об.

	апреля 1			апреля 3		
X	A	A,	X	A	Л,	
441,5 mi	-0,295 об.	-0,305 об.	441,5 тр.	-0,446 об.	-	об
					0,487	
440,5 "	- 0,296 "	- 0,302 "	440,5 "	-0,486 "	-	"
					0,482	
439,5 "	- 0,317 "	- 0,300 "	438,4 "	- 0,453 "	-	"
					0,470	
438,4 "	- 0,298 "	- 0,297 "	435,2 "	- 0,454 "	-	
					0,450	
435,2 "	- 0,309 "	- 0,287 "	432,6 "	- 0,452 "	-	
					0,436	
432,5 "	- 0,278 "	- 0,279 "	430,8 "	- 0,426 "	-	"
					0,428	
430,8 "	- 0,217 "	- 0,274 "	430,8 "	- 0,426 "	-	
					0,428	
429,4 "	- 0,269 "	- 0,269 "	427,2 "	- 0,379 "	-	"
					0,402	
Н в звезде		- 0,283 "	426,1 "	- 0,389 "	-	"
					0,397	
Н искусствЕ	t.	+ 0,213 "	Н в звезде		-	
					0,444	
	Смещение -0,070 об.		Н искусств.		+	
					0,671	
				Смещение	+	об.
					0,227	
апреля 7;	спектрограмма № 52			апреля 8		
X	Л	Ai	X	A		
441,5 ми-	- 0,146 об.	-0,152 об.	441,5 тр.	+0,152 об.	+	об.
					0,148	
440,5 "	- 0,164 "	- 0,164 "	440,5 "	+ 0,112 "	+	"
					0,130	
439,5 "	- 0,157 "	- 0,179 "	438,4 "	+ 0,111 "	+	
					0,094	
438,4 "	- 0,197 "	- 0,197 "	435,2 "	- 0,023 "	+	
					0,038	
432,6 "	- 0,266 "	- 0,284 "	432,6 "	- 0,003 "	-	
					0,008	
431,5	- 0,294 "	- 0,302 "	430,8 "	- 0,036 "	-	
					0,039	
430,8 "	- 0,324 "	- 0,310 "	429,4 "	- 0,047 "	-	
					0,062	

429,4 "	- 0,359 "	- 0,333 "	427,2 "	- 0,106 "	- 0,106 "
<i>Н в звезде</i>		- 0,262 "	<i>Н в звезде</i>		+ 0,019 "
<i>Н искусств</i>		+ 0,214 "	<i>Н искусств</i>		- 0,147 "
	<i>Смещение - 0,048 об.</i>			<i>Смещение</i>	+ 0,166 об.

апреля 11

X	Д	Д,
441,5 mil.	-0,438 об.	-0,366 об.
440,5 "	-0,406 "	-0,384 "
438,4 "	-0,422 "	- 0,422 "
432,6 "	- 0,194 "	- 0,526 "
430,8 "	- 0,539 "	-0,558 "
427,2 "	- 0,661 "	- 0,627 "
426,1 "	- 0,604 "	- 0,665 "
<i>Н в звезде</i>		- 0,501 "
<i>Н искусств.</i>		+ 0,661 "

апреля 14; второе измерение

441,5 ш(1)	-0,085 об.	-0,090 об.	441,5 гор.	+0,055 об.	+0,053 об.
440,5 "	-0,081 "	-0,075 "	440,5 "	<i>J, 0,036 "</i>	+ 0,035 "
433,4 "	-0,010 "	- 0,040 "	438,4 "	0,000 "	+ 0,001 "
432,6 "	- 0,049 "	- 0,055 "	435,2 "	- 0,053 "	- 0,053 "
430,8 "	- 0,052 "	- 0,082 "	432,5 "	- 0,102 "	- 0,093 "
429,4 "	- 0,063 "	-0,107 "	430,8 "	-0,123 "	- 0,123 "
427,2 "	- 0,184 "	- 0,146 "	429,4 "	- 0,129 "	- 0,145 "
426,1 "	- 0,192 "	- 0,162 "	<i>Н в звезде</i>		- 0,070 "
<i>Н в звезде</i>		- 0,030 "	<i>Н искусств</i>		+ 0,287 "
<i>Н искусств,</i>		+ 0,208 "		<i>Смещение+ 0,217 об.</i>	
	<i>Смещение+ 0,178 об.</i>				
	<i>апреля 17</i>			<i>апреля 19</i>	
X	Д	Л,	X	Д	

441,5 тр.	-0,084 об.	-0,129 об.	441,5 ту.	-0,234 об.	-0,222 об.
440,5 "	-0,150 "	-0,150 "	440,5 "	-0,240 "	-0,240 "
430,8 "	-0,345 "	-0,345 "	438,4 "	-0,267 "	-0,276 "
<i>Н в звезде</i>		-0,279 "	435,2 "	-0,307 "	-0,333 "
<i>Искусств</i>		+0,483 "	430,8 "	-0,409 "	-0,409 "
			429,4 "	-0,419 "	-0,435 "
	<i>Смещение + 0,204 об.</i>		427,2 "	-0,522 "	-0,476 "
			426,1 "	-0,469 "	-0,504 "
			<i>Н" в звезде</i>		-0,532 "
			1 <i>Искусств</i>		+0,340 "
				<i>Смещение - 0,012 об.</i>	
	<i>апреля 20</i>			<i>апреля 22</i>	
X	<i>Д</i>		X	<i>Д</i>	
441,5 шр.	-0,143 об.	-0,124 об.	441,5 га).	-0,147 об.	-0,140 об.
440,5 "	-0,135 "	-0,145 "	440,5 "	-0,154 "	-0,158 "
438,4 "	-0,184 "	-0,190 "	438,4 "	-0,151 "	-0,196 "
432,5 "	-0,329 "	-0,314 "	435,2 "	-0,258 "	-0,256 "
430,8 "	-0,345 "	-0,351 "	432,6 "	-0,303 "	-0,301 "
429,4 "	-0,337 "	-0,380 "	430,8 "	-0,328 "	-0,332 "
<i>Н в звезде</i>		-0,282 "	429,45 "	-0,348 "	-0,355 "
			426,1 "	-0,454 "	-0,415 "
<i>Искусств.</i>		+0,497 "	<i>Н в звезде</i>		-0,274 "
	<i>Смещение + 0,215 об.</i>		<i>И Искусств.</i>		+0,326 "

Смещение +0,160 об.

Смещение + 0,052 об,

апреля 26

<i>И</i>	<i>д</i>	<i>д.</i>	<i>\ д</i>	<i>д,</i>	
441,5	ту. -0,092 об.	-0,090 об.	441,5	<i>т\>. +0,015 об.</i>	-0,010 об.
440,5	-0,056 "	-0,048 "	440,5	-0,038 "	-0,035 "
439,5	+0,032 "	-0,002 "	438,4	-0,152 "	-0,130 "
431,5	+0,365 "	+0,359 "	435,2	-0,284 "	-0,287 "
430,8	+0,375 "	+0,385 "	432,6	-0,407 "	-0,401 "

427,2	+ 0,622 "	+ 0,559 "	430,8	- 0,470 "	-0,481 "
426,1	+ 0,672 "	+ 0,602 "	426,1	- 0,759 "	- 0,810 "
Н. ф в	звезде	+ 0,244 "	Н. J в	звезде	-0,333 "
Н.. искусств.		- 0,330 "	Н-. искусств.		+ 0,608 "
	Смещение	-0,086 об.		Смещение	+0,275 об.

Спектрограмма 0 № 50 H m - 436,68 тр. = 7,703 об. = - 2,629 тр.

" - 435,99 = 5,668 " = 1,930

" - 435,20 = 3,399 " = 1,152

" - 432,60 = 4,449 " = + 1,449

" - 432,13 = 5,968 " = + 1,948

" - 431,5 = 7,774 " = + 2,515

Спектрограмма 0 № 51 H $-$ - 436,68 тц = 7,745 оборота

" - 435,99 = 5,690 "

" - 435,20 = 3,404 "

" - 432,60 = 4,466 "

" - 432,13 = 6,020 "

" - 431,5 = 7,824 "

Спектрограмма 0 № 52 H ∇ - 436,68 = 7,713 оборота

" - 435,99 = 5,688 "

" - 435,20 = 3,398 "

" - 432,60 = 4,488 "

" - 432,13 = 6,042 "

" - 431,5 = 7,822 "

Спектрограмма 0 № 54

" - 436,68 - = 7,793 оборота = 5,728 "

435,99

" - 435,20 = 3,425 "

" - 432,6 = 4,500 "

" - 432,13 = 6,041 "

" - 431,5 = 7,868 "

Спектрограмма a Boo

30 марта

" . - 437,00 - = 8,698 оборота = 5,742 "

435,99

" - 435,2 = 3,428 "

" - 432,6 = 4,461 "

" - 432,13 = 6,011 "

$$'' - 431,5 = 7,830 ''$$

Спектрограмма а Воо

19 апреля

Н.	—	437,00	= 8,674 оборота
''	-	435,99	= 5,698 ''
''	-	435,2	= 3,400
''	-	432,6	= 4,523 ''
''	-	432,13	= 6,080
''	-	431,5	= 7,895 ''

С помощью этих чисел получены по способу наименьших квадратов коэффициенты формул вида $A\lambda = a \cdot R - \lambda \sim - \lambda - \&D/?^2$, где $D/?$ - разность длин волн, а $D/?$ - разность оборотов измерительного винта.

Затем, принимая $D/?=1$, получим

для №	50		= 0,3315	
'' №	51	''	= 0,3305	''
'' №	52	''	= 0,3305	''
'' №	54	''	= 0,3282	''
'' а Воо		марта 30 ''	= 0,3294	''
'' ''	''	апреля 19 ''	= 0,3280	''

Принимая, что смещение линии H_2 соответствующее $1 \text{ m}\mu$, обуславливается лучевой скоростью +93,2 географической мили в секунду, получим следующий коэффициент К для перевода смещений, выраженных в оборотах измерительного винта, в скорости:

Для	№	50		1,4899
''	№	51		1,4886
''	№	52	'' =	1,4886
''	№	54	'' =	1,4856
''	а Воо	30	марта	1,4871
		''	19 апреля	'' = 1.4853

Если превратить с этими коэффициентами наибольшее из найденных смещений в скорости, то получим числа, различающиеся между собою не более, как на 0,06 г. м./сек. Величина эта заключается в пределах возможных ошибок при определении лучевых скоростей; тем не менее, есть возможность значительно уменьшить эту погрешность, если обратить внимание на длину спектрограмм между определёнными спектральными линиями. Почти на всех спектрограммах встречаются наведения на линии $\lambda = 430,8 \text{ m}\mu$ и $\lambda = 440,5 \text{ m}\mu$. Так, для солнечных спектрограмм:

$$\text{№ 50 интервал } 430,8 \text{ m}\mu - 440,5 \text{ m}\mu = 38,453 \text{ оборота}$$

$$\text{№ 51 и 52 '' '' } = 38,611 ''$$

№ 54 " " = 38,789 "

для а Воо марта 30 " = 38,702 "

"" апреля 19 " = 38,798 "

Точность каждого из этих чисел выражается вероятной погрешностью +0,010 оборота винта.

Сопоставляя эти числа с величинами коэффициента K , полученными по соответствующим спектрограммам, находим следующую таблицу:

аргумент: 430,8 - 440,5 Ш[х коэффициент K lg K

38,45 оборота		30,890 1,4898
50 "		865 1,4895
60 "		800 1,4885
65 "		760 1,4880
70 "		705 1,4872
75 "		640 1,4863
38,80 "		30,575 1,4854

Остаётся выписать интервалы на спектрограммах звезды и соответственно их величине взять из таблицы коэффициент K . В тех случаях, когда интервал этот не измерялся, можно с достаточной точностью судить о его величине по температуре, записанной по термометру спектрографа во время наблюдения.

	Температура			Инт	ервал
				130,8-440,5 m(л)	
1896, января	1	- 9°, 8	С	-	
"	20	-8, 4		-	
февраля	7	-13, 8		-	
"	15	-14, 6		38, 535	оборота
"	19	- 9, 0		637	"
"	22	-12, 5		588	"
- " -	23	-12, 5		653	"
	24	-11, 5		599	"
"	25	- 8, 5		-	
"	26	- 8, 2		666	"
	26	- 8, 2		673	"
"	27	- 7, 0		664	"
марта	8	-4, 0		723	"

"	9	- 2,5		725	"
У,	11	- 4,0		711	"
	14	- 6,2		687	"
	14	- 6,2		666	"
	16	- 5,3		692	"
"	16	-5,3		693	"
"	29	- 9,0		639	"
"	30	- 7,5		671	
"	31	- 5,0		550	"
апреля	1	-4,2		698	"
"	3	- 3,5		689	"
	7	+ 1,5		761	"
"	8	+ 2,5		762	"
"	11	+ 1,0		731	" -
, . - "	14	+ 4,0		750	"
"	14	+ 4,0		759	"
"	17	+ 2,5		791	"
"	19	+ 2,5		756	"
"	20	+ 3.8		780	"
"	22	- 5,4		38,776	"
	24	- 1,5		39,055	"
"	26	-4,5		39,011	"
<i>Отсюда выходит такая</i>		<i>зависимость между температу-</i>			
		<i>рой и длиной интервала 430,8-</i>			<i>440 ,5m (i :</i>
<i>Температура Интервал</i>		<i>Температура</i>		<i>Интервал</i>	
<i>-12°С 38,606 оборота</i>		<i>-2</i>	<i>3</i>	<i>38,723 оборота 741</i>	
<i>1 (Л л^Л</i>		<i>п</i>	<i>С</i>		
<i>Ш., ОоЧ:</i>		<i>и</i>		<i>757</i>	
<i>- 8 662</i>		<i>+2</i>			
<i>- 6 685</i>		<i>+4</i>		<i>773</i>	
<i>- 4 38,705</i>		<i>+6</i>		<i>38,786</i>	

Нужно отметить, что положение объектива камеры спектрографа было изменено после 1-го апреля; именно, до 1-го апреля показатель на барабане кремальеры, передвигающей объектив, давал отсчёт 32,5, а после 1-го апреля - 34,0.

На основании полученных вспомогательных величин имеем все данные для превращения смещений линий H

в скорости, выраженные в географических милях в секунду времени.

В таблице даются лучевые скорости a^1 Близнецов и рядом с ними слагающие скорости Земли, вычисленные по формуле:

Здесь v_a - скорость Земли на орбите; O - долгота Солнца; l - долгота звезды; J_3 - широта звезды; $90-i$ - угол между радиусом орбиты Земли и касательной; v_a и i получатся из следующей таблицы:

O "0	i	O	v_a	/
$0^\circ 4,01$ г. м./сек.	$+56', 5$	190°	$4,00$ г. м./сек.	$-57', 5$
$20 3,99$	$57,0$	210	$4,02$	$-54,0$
$40 3,97$	$50,5$	230	$4,04$	$-44,5$
$60 3,95$	$38,5$	260	$4,06$	$-20,5$
$80 3,94$	$21,0$	280	$4,07$	$-1,0$
$100 3,93$	$+ 1,0$	330	$4,04$	$+43,0$
$120 3,94$	$-19,0$	350	$4,02$	$+53,5$
$150 3,96$	$-44,0$	360	$4,01$	$+56,5$
$170 3,98$	$-54,0$			

(Ар. J., XI, 319)

Таблица лучевых скоростей w относительно Земли, слагающих скоростей Земли v + и скоростей a^1 Близнецов относительно Солнца w_0 :

Время	Ж.	ч	
896, января 1	$-4,06$ г. м./сек.	$+0,56$ г. м./сек.	$-3,61$ г. м./сек.
" 1	$-4,28$	$+0,56$	-
" 20	$+3,48$	$-0,76$	$+2,78$
" 20	$-+-3,60$	$-0,76$	
февраля 7 " 7 " 15	$+5,33$ $+4,59$	$-1,95$ $-1,95$	$+3,01$ $+0,75$
	$+2,59$	$2,41$	
" 15	$+3,73$	$-2,41$	-
" 19	$+5,14$	$-2,63$	$+2,51$
22	$+3,64$	$-2,81$	$+0,83$
" 23	$-1,35$	$-2,83$	$-4,54$
23	$-2,06$	$-2,83$	-

" 24	+3,05	-2,87	+0,18
" 25 " 26	+5,08 -3,41	-2,92 -2,97	+2,16 -6,12
" 26	-2,89	-2,97	-6,12
" 27	+2,89	-3,01	-0,12
марта 8 " 9	+3,53 -1,66	-3,41 -3,45	+0,12 -5,11
" 11	+3,87	-3,51	+0,36
" 14	+1,84	-3,59	-1,28
" 14 16	+2,77 +7,40	-3,59 -3,64	+3,52
" 16	+6,91	-3,64	-
" 24	-1,32	-3,82	-5,14
29	+0,37	-3,87	-3,47
29	+0,43	-3,87	- ■ ■
" 30	+4,12	-3,89	+0,23
31	+7,74	-3,90	-3,84
апреля 1 " 3	-2,15 +6,97	-3,91 -3,92	-6,06 +3,03
" 7	-1,47	-3,94	-5,41
" 8	+5,09	-3,93	+1,16
" 11	+4,91	-3,93	+0,98
14	+5,45	-3,91	+2,14
" 14	+6,65	-3,91	-
17	+6,24	-3,88	+2,36
" 19;	-0,37	-3,85	-4,22
" 20	+6,58	-3,84	+2,74
" 22	+1,59	-3,81	-2,22
" 24	-2,63	-3,78	-6,41
" 26	+8,41	-3,74	+4,76

Рассматривая эту таблицу, видим, что скорости пере* менны и притом колебания значительно превышают возможную погрешность в определении лучевых скоростей двухпризменным спектрографом.

Повторение одних и тех же числовых величин скоростей через довольно правильные промежутки времени заставляет предположить, что а¹ Близнецов представляет систему, подобно а Девы, 8 Цефея и т. п.

Остановившись на таком представлении, естественно прежде всего определить период изменения лучевых скоростей. Для этого я выбрал из наблюдений дни, когда лучевые скорости очень близки к нулю:

1896, февраля	24,418 +0,18 г. м./сек.
"	27,367 -0,12
марта	8,363 +0,12
"	11,321 +0,36
"	30,350 +0,23

Построив предварительную кривую скоростей, видим, что период очень близок к 3 суткам. Отсюда же следует, что точки, соответствующие 8 и 11 марта, лежат на нисходящей ветви кривой (переход от положительных к отрицательным скоростям), а 24, 27 февраля и 30 марта - на восходящей ветви. Из рассмотрения той же предварительной кривой следует, что средняя скорость на орбите близка к 4,5 географической мили в секунду. Этих данных достаточно, чтобы вычислить моменты, когда лучевые скорости равны нулю. Это будут:

1896, февраля	24,418 - 0,019	= 24,399
"	27,367 + 0,012	= 17,379
марта	8,363 + 0,012	= 8,375
"	11,321 + 0,037	= 11,358
"	30,350 - 0,024	= 30,326

Наивыгоднейшая комбинация для получения периода будет 24 февраля и 30 марта и 27 февраля и 30 марта. Первая даёт разность:

$$34,927 \text{ дня} = 2,91064 \times 12,$$

вторая даёт:

$$31,947 \text{ дня} = 2,90427 \times 11 -$$

Середина даёт период, равный 2,90745 дня.

Если обратно перевести все моменты на одну эпоху, то получим:

февраля 27,307 " 27,379 " 27,344

середина 27,343

Эпоху 1896 г. февраля 27,34 принимаю за исходную и с периодом 2,91 дня вычисляю все моменты, когда лучевые скорости относительно Солнца должны равняться нулю.

Эпохи скоростей, равных 0 (переход от отрицательных к положительным скоростям)

1896, января 0,14 среднего пулковского времени	1896, марта 1,25 среднего пулковского времени
" 3,05	" 4,16
" 5,96	7,07
" 8,87	" 9,98
" 11,78	" 12,89
" 14,69	" 15,80

" 17,60	" 18,71
" 20,51	" 21,62
" 23,42	" 24,53
" 26,33	" 27,44
" 29,24	" 30,35 <i>опр.</i> 30,33
<i>февраля 1,15</i>	<i>апреля 2,26</i>
" 4,06	" 5,17
6,97	" 8,08
" 9,88	" 10,99
" 12,79	13,90
15,70	" 16,81
" 18,61	" 19,72
" 21,52	22,63
" 24,43 <i>опр.</i> 24,40	" 25,54
" 27,34 " 27,38	" 28,45

Эпохи скоростей, равных 0 (переход от положительных к отрицательным скоростям)

<i>1896, января 1,60 среднего</i>	1896,	<i>марта 2,71 среднего</i>
<i>пулковского</i>		<i>пулковского</i>
<i>времени</i>		<i>времени</i>
4,61.	"	5,62
7,42	"	<i>8,53 опр.</i> 8,33
" 10,33	"	11,44 " 11,36
"13,24"		14,35
"16,15	. "	17,26
19,06	"	20,17
"21,97	"	23,08
"24 88	"	25,99
"27,79"	"	28,90
30,70	"	31,82
<i>февраля 2,61</i>	<i>апреля 3,72</i>	
"5,52	"	6,63
" 8,43		9,54
" 11,34	"	12,45
" 14,25	"	15,36
' " 17,16	"	18,27

" 20,07	"	21,18
" 22,98	"	24,19
" 25,89	"	27,00
- " 28,80	"	29,91

Следующая таблица заключает кратные средней суточной угловой скорости (равной $123^{\circ},711$ за сутки), получающейся при периоде 2,91 дня:

1.	123^e	' ,71 0,1	$12^{\circ},371 0,01$	$1^{\circ},237 0,001$	$0^{\circ},124$
2.	247	,42 0,2	24 ,742 0,02	2 ,474 0,002	0,247
3.	371	,13 0,3	37,113 0,03	3 ,711 0,003	0,371
		0,4	49 ,484 0,04	4 ,948 0,004	0,495
		0,5	61 ,855 0,05	6 ,186 0,005	0,619
		0,6	74 ,226 0,06	7 ,423 0,006	0,742
		0,7	86 ,597 0,07	8 ,660 0,007	0,866
		0,8	98 ,968 0,08	9 ,897 0,008	0 ,990
		09	111 ,339 0,09	11 ,134 0,009	1 ,113
		1,0	123 ,710 0,10	12 ,371 0,010	1 ,237

Для получения других элементов системы α^1 Близнецов приложим формулы, предложенные для этой цели Леман-Филе (А. Н. № 3242).

Нанесём прежде всего найденные лучевые скорости на графлёную бумагу в виде ординат, соответствующих абсциссам, на которых отложены времена, считая от бли-

			Промежуток	Лучевые скорости	
Среднее пулковское время наблюдения	Начало счёта		времени, равный абсциссе	относительно Солнца	
1896, января 1,43 20,45	1895, декабря 1896, января	29,70 19,07	2,73 дня 1,38	-3,61 г. м./сек. +2,78	№ 12 0
февраля 7,43 " 15,45	февраля "	5,53 14,26	1,90 1,19	+3,01 +0,75	04
>у 19,44	"	17,17	2,27	+2,51	5
" 22 42	"	20,08	2,34	+0,8	6
" 23,42	"	22,99	0,43	-4,54 ' ■■■	7
24,42	"	22,99	1,43	+0,18	8
	"	22,99	2,34	+2,16	9

" Z ₀ , 00 26, 36 07	"	25, 90 25, 90	0, 46 1, 47	-6, 12 -0, 12	10 11
" Z _t , 01 марта 8,36	марта "	5, 63 8, 54	2, 73 0, 78	+ 0, 12 -5, 11 '	12 ia
" 9, 32	"	8, 54	2, 78	+0, 36	14
" 11, 32	"	14, 36	0, 02	-1, 28	15
" 14, 38 " 16, 33 " 17, 35 24, 38 " 30, 35 " 31, 36	" " " " "	14, 36 17, 27 23, 09 28, 91 28, 91 31, 82	1, 97 0, 08 1, 29 1, 44 2, 45 0, 54	+3, 52 -5, 14 - 3, 47 + 0, 23 + 3, 84 -6, 06 - ■	16 17 18 19 20 21
апреля 1,36 ■ " 3 36	"	31, 82	2, 54	+3, 05	22_
" 7, 36 " 8, 36	апреля "	6, 64 6, 64 9, 55	0, 72 1, 72 1, 79	-5, 41 +1, 16 " +0, 98 ; '■?'■ ■'	23 24 ;" "-25]- л
'■ " 11, 34 " 14, 35 " 17, 45 " 19, 39 " 20, 39 " 22, 41 " 24, 45 ^ " 26, 40	" " " " "	12, 46 15, 37 18, 28 18, 28 21, 19 24, 10 24, 10	1, 89 2, 08 1, 11 2, 11 1, 22 0, 35 2, 30	+2, 14 +2, 36 - 4, 22 +2, 74 - 2, 22 -6, 41 +4, 67	26 27 28 29 30 31 32

Получающаяся на основании этих чисел кривая должна удовлетворять ещё условиям:

1. чтобы кривая была симметрична относительно некой прямой, параллельной оси абсцисс;
2. чтобы площадь, ограниченная кривой и осью **сим-**

$$\mu(t - T) = E - e \sin E, \quad \operatorname{tg} \frac{u - \omega}{2} = \sqrt{\frac{1 + e}{1 - e}} \operatorname{tg} \frac{E}{2}.$$

а. а. БЕЛопольский

метрии над последней, равнялась площади под осью симметрии;

3) чтобы площадь между кривой, наибольшей положительной ординатой и осью симметрии равнялась площади между кривой, наибольшей отрицательной ординатой и осью симметрии.

Для черчения кривой выбран масштаб 2 для 1 г. м./сек. и 10 для 1 суток. Кривую через полученные точки можно проводить, сообразуясь со всеми 32 точками, и тогда получатся значительные уклонения этих точек от кривой. На первый взгляд кажется, что через точки можно провести целую систему параллельных кривых. Для средней из всех их получают следующие данные и элементы:

площадь между кривой и осью симметрии равна 79,8;

ордината оси симметрии = собственному движению = -0,7 г. м./сек.;

положительная площадь (условие 3) $z_x = -\sqrt{-36,7} \text{ и } 2,2 = 43,1$. Наибольшие ординаты: $A = 8,5 = 4,25 \text{ г.м./сек.}; 5 = 8,8 = 4,40 \text{ г.м./сек.}$

Долгота точки на орбите, где лучевые скорости равны нулю, $U_j = 89^\circ \text{ и } u_2 = 271^\circ$. Долгота периастра $\omega = 102^\circ$.

Эксцентриситет $e = 0,08$. Время прохождения через периастр $\Gamma = 0 \text{ т. е., например, } 27,34 + 1,47 = 28,81 \text{ февраля } - \text{гаX}2^d,91$. Проекция большой полуоси $a \sin i = 360\,000 \text{ г. м.}$

Эти величины получают вычислением следующих

формул:

$$\begin{aligned} \sin u_1 &= \frac{2 \sqrt{AB}}{A+B}, & u_2 &= 2\pi - u_1; \\ \cos u_1 &= -\frac{A-B}{A+B}; \\ e \sin \omega &= \sin u_1 \frac{z_2 + z_1}{z_2 - z_1}; & e \cos \omega &= -\cos u_1; \\ \left(\frac{dz}{dt}\right) &= \frac{A+B}{2} (1 + e) \cos \omega; \end{aligned}$$

абсцисса, соответствующая этой ординате, есть время прохождения через периастр T ;

$$a \sin i = 43\,200 \frac{A+B}{\mu} \sqrt{1-e^2}.$$

Здесь $\omega = \omega_j$ есть средняя угловая скорость, U -

период, выраженный в сутках.

$$\frac{dz}{dt} = \frac{A+B}{2} \cos u + \frac{A-B}{2},$$

Обратно, эфемерида вычисляется по известным формулам:

№	u	$dz dt$	Набл. 4-0,7г.	м./сек. Кривая
5	15°, 3	+4,1 г. м./сек. 4-4,0	4-3,2 г. ■ 4-5,4 4-	
32	18,9	+ 3,9 + 3,9	2,9 + 1,5	м./сек. +4,1 г. м./сек. + 4,0 +
9 6	24,1			3,8 + 3,8
	24,1			
20	38,9	4-3,3	4-4,5	+ 3,0
				100
22	51,1	4-2,6 + 0,8 4-	4-3,8 - 2,9 4-	+ 2,3 + 0,4 + 0,4
1 12	77,7	0,8	0,8	
	77,7			A Q
14	83,9	4-0,5	4-1Д	?-0,0
				00
15	106,7	- 1,2	- 0,6	- z,2
				07
17	115,3	- 1,9	- 4,4	- 2,1
				лА
31	153,5	- 3,9	- 5,7	- 4,4 л а
7	166,3	- 4,2	- 3,8	- 4,0
				ЛА
10	168,7	- 4,2	- 5,4	- 4,0 л ft
21	179,3	- 4,3	- 5,4	- 4,0
				АС)
23	211,9	- 4,2 -3,4	- 4,7 - 4,4	- 4, z
13	218,5			-3,8
				1 P.
28	246,7	- 1,7	- 3,5	- 1,0 1П
4	255,5	- 1,1		-1, u
		+ 1Л		ПQ

30	258,5	- 0,9	- 1,5	-*u,y
				A Q
18	265,2	- 0,3 4-0,4 4-	- 2,8 4-3,5 4-	-u,y
2 8	275,5	0,8 4-0,9	0,9 + 0,9 4-	
19	280,7		0,6	+ 0,8 + 0,7 + 0,7
11	281,7	4-1Л		+2 ' 7 "
	285,1			
24	311,3	4-2,9	4-1,9	+A'
				1 0 0
25	319,1	4-3,3	+ 1,7	+ 3,2
				I Q C
26	330,3	4-3,8	+ 2,8	+ "b
3	331,3	4-3,8	+ 3,7	+ 3,7
				1*90
16	339,3	4-4,0	4-4,2	+o,yi /1 1
27	352,1	4-4,3		+ 4,1
				A 1
29	355,5	4-4,3	4-3,4	+ 4,1

$$\left(\frac{dz}{dt}\right) = -0,7 \text{ г. м./сек.}; T = \pm 0,01 \text{ суток, т. е. } 28,82 \text{ фев-}$$

$$\text{раля } \pm 2,91 \times n.$$

$$a \sin i = 837\,000 = 419\,000 \text{ г. м./сек.}$$

$$B = 10,94 = 5,47 \text{ г. м./сек.}$$

$$\text{Затем } A + B = 21,40,$$

$$z_2 + z_1 = -22,6,$$

$$A - B = -0,48,$$

$$z_2 - z_1 = -103,4,$$

$$2\sqrt{AB} = 21,40,$$

$$u_1 = 88^\circ,7, \quad u_2 = 271^\circ,3,$$

$$\omega = 96^\circ,0,$$

$$e = 0,22,$$

Рассматривая эту таблицу, видим, что особенно сильно уклоняются наблюдения от вычисленной скорости, полученные января 1, !

Поэтому в следующем приближении я отбросил эти наблюдения (на кривой / они окружены пунктиром) и провёл кривую

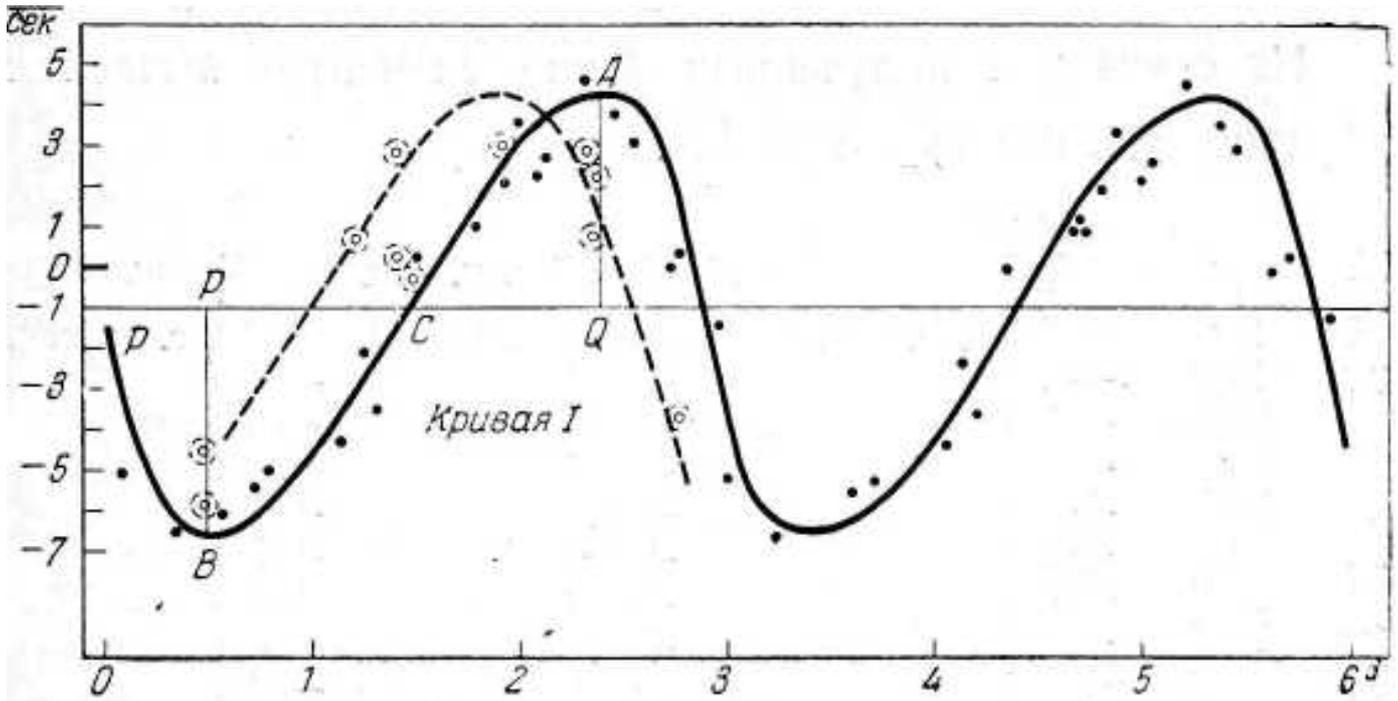


Рис. 1.

через наблюдения, начиная с 8 марта. Тогда получаются следующие данные для вычисления элементов (см. кривую /): период 2,91 дня; собственное движение системы (плюс движение нашего Солнца) $-2,12 = -1,06$ г. м./сек.

Для z_x получается 40,1 и 40,7, для z_y -62,7 и 63,3.

Наибольшая положительная ордината

$$A = 10,46 = 5,23 \text{ г. м./сек. } " . ;$$

Наибольшая отрицательная ордината

Если принять $i = 90^\circ$, то сумма масс системы равна 0,10; если же $i = 45^\circ$, то сумма масс равна 0,40.

Затем эти элементы следующим образом удовлетворяют наблюдениям и кривой:

№	u	$\frac{dz}{dt}$	Кривая / Набл.	
				+1,06 г. м./сек.
20	$13^\circ, 8$	$-5,07$ г. м./сек.	+5,26 г. м./сек.	+4,90 г. м./сек.
				1/111

22	27,0	+ 4,65 + 2,60	+ 5,06 + 3,06 . .	-f-4,11
12	59,2	+ 1,84 - 0,86 -	+ 2,06 -1,19 ' ■ -	
14	68,6	1,96 - 5,11 -	2,54 ^ --5,24 .' -	+1,18 +1,42 -
15	98,0	5,43	■.. - 5,39 з.	0,22 . . . -
17	110,0			4,08 .-. .
31	159,0			
21	186,6			-5,35 - '■' - 5,00
23	208,4	- 4,82 ■ .	- 4,94	-*+,ou Л1\С
13	215,2	- 4,51	- 4,74	- 4,Уо o1a
28	246,6	- 2,24	- 2,59	-0,Ю , 11A
30	255,8	-1,43 -0,90 -	- -1, t>4	- ~ 1,1U
18	261,6	0,25 - 2,31 -		
19	274,0	2,79 - 3,45 -	-1,08 - 0,34 -	-2,41 -1,29
24	297,0	3,93 ? 4,50	2,26 z2,81- 3,55 ■	- 2,22 -2,04
25	303,0	- 4,63 -5,20	--4,06 :. -4,66 -	■? - 3,20
26	311,9		4,76 -5,26	^ " z4,58-
16	319,2			3,42 -
27	329,8			3,80 . -5,73
29	332,8			
32	354,2			

Что касается причины разногласия отброшенных скоростей, то она заключается в том, что период получается различным, смотря по тому, какие моменты выбрать для его определения. Чем больше промежуток времени, отделяющий моменты, тем период получается меньше, если комбинировать моменты, когда лучевые скорости равны нулю.

Так, если взять моменты 24,40 и 27,38 февраля, то отсюда период получится 2,98 дня; то же - из наблюдений 15,45 и 27,38 февраля.

Из наблюдений 24 февраля и 30 марта (промежуток 35 дней) и 27 февраля и 30 марта (32 дня) период получился, как мы видели, 2,91 дня. Следовательно, вообще при нахождении ближайшего к наблюдению момента прохождения через периастр нельзя пользоваться одним и тем же периодом.

Разные периоды получаются, вероятнее всего, оттого, что линия апсид орбиты поворачивается довольно значительно в сторону движения светила. Наличный материал недостаточен для получения числовой величины этого движения, но из довольно грубых соображений выходит, что с каждым прохождением линия апсид поворачивается на $0^{\circ},3$.

На основании приведённых соображений можно до некоторой степени воспользоваться отброшенными наблюдениями. Для этого нужно либо взять период для них не 2,91 дня, а другой, например 2,98 дня, и с ним найти ближайшие эпохи прохождения через периастр, либо на чертеже определить разности времён между абсциссами, соответствующими наблюдению, и абсциссой ординаты кривой, равной наблюденной лучевой скорости. Прибавив среднюю из таких разностей к абсциссам наблюденных скоростей, приведём их на кривую. Я проделал обе эти операции отдельно и получил соответственно две кривые скоростей уже через совокупность всех наблюдений.

Прежде всего я применил последний из упомянутых способов. Разности времён (абсцисс) получились для каждой точки следующие:

№			ш	
1 2	+ 0,26 +	суток	7 8 9 10 ? 11	+ 0,44 +
3 4	0,55 +			0,16 +
5 6	0,08 +	" " " " "		0,39 +
	0,46 +			0,24 + 0,07
	043 + 0,46			
			Середина	+ 0,322
				суток

Исправленные абсциссы будут:

1. 3 04 суток 4 1,51 суток 7 0,75 суток 10 0,78 суток
2. 170 " 5 2,59 " 8 1,75 " 11 1,79 "
3. 2,22 " 6 2,66 " 9 2,66 "

Соответственно этим абсциссам нанесены точки и через совокупность всех 32 точек проведена кривая //. Для этой кривой ось симметрии имеет ординату $-2,80 =$

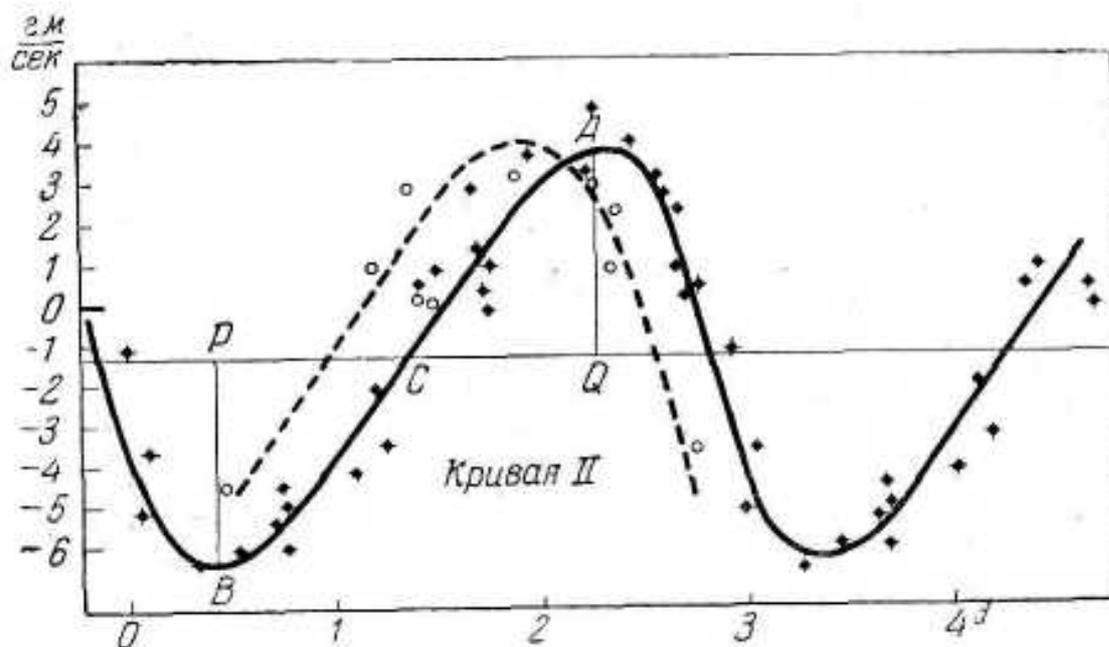


Рис. 2.

1 40 г м /сек = собственному движению системы.

Площади $\ast/\ast = +38,04$; $z_a = 58,80$; $L = 10,3$; $5 = 10,0$. Отсюда элементы орбиты получаются:

$$u_1 = 90^{\circ},9, \quad u_2 = 269^{\circ},1,$$

$$\omega = 94^{\circ},0,$$

$$e = 0,21,$$

$$\left(\frac{dz}{dt}\right) = 0,00;$$

$$T = -0,07 + 28,82 = 28,74 \text{ февраля } \pm 2,91 \times n.$$

$$a \sin i = 794\,000 = 397\,000 \text{ г. м./сек.}$$

1	1,28	дня
2	2,31	"
3	2,52	"
4	1,60	"
5	2,61	"

Они удовлетворяют кривой и наблюдениям следующим образом:

№	$a \frac{dz}{dt}$	Кривая //	Набл. +1,40 г. м./сек.
1	13Г.8 -3,47 г. м./сек.	-3,61 г. м./сек.	-2,21 г. м./сек.
2	300,4 +2,49	+2,40	+4,18
3	353,2 +4,97	+5,05 . ;	+4,41
4	284,4 + 1,19	+1,05 " .	+2,15
5	47,3 +3,38	+3,90	+3,91
6	59,6 +2,49	+2,80	+2,23
7	226,4 -3,59	-4,05	

[2] РЕЗУЛЬТАТЫ СПЕКТРАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НОВОЙ ПЕРСЕЯ В ПУЛКОВЕ¹

Докладчик вкратце напомнил историю появления $N\text{ Per}$. Демонстрировались кривые, изображающие изменения блеска и цвета новой звезды. Спектральные исследования её и в Пулкове производились с помощью спектрографа, прилаженного

к астрографу. Удалось наблюдать звезду всего 105 ясных ночей. Докладчик представил снимки наиболее характерных спектров. Он остановился за недостатком времени на самых выдающихся особенностях спектра. Спектр чрезвычайно сложен и богат деталями. В начале появления звезды спектр был сплошной, с тёмными полосами поглощения. Впрочем, уже тогда замечены были блестящие линии, сопровождавшие тёмные полосы. Затем эти блестящие линии развились в целые “комки” – блестящие полосы. Докладчик указал на интересную деталь в этих “комках” – они как бы составлены из пучков отдельных линий, разделённых тончайшими тёмными промежутками. Спектр претерпевал за время наблюдений громадные и даже периодические изменения. Судя по смещениям линий, можно, сообразно с принципом Доплера–Физо, предполагать громадные скорости. Так, некоторые линии дают до 1500 км/сек. Впрочем, блестящие полосы поглощения налегают друг на друга, что препятствует точной оценке смещений. Докладчик указал на возможность объяснить как смещения, так и вообще спектры, подобные спектру $N\text{ Per}$, на основании новейших наблюдений, произведённых Вильзингом и другими над спектрами разрядов при громадных давлениях.

В спектре новой звезды появились линии спектра газообразных туманностей. Звезда как бы переродилась в туманность. Докладчик напомнил о работах Гассельберга и других относительно 2-го спектра водорода и сопоставил этот спектр со спектром болида, молнии и новой звезды 1892 г. Во всех этих спектрах видны линии 2-го спектра водорода, но относительные яркости их изменены.

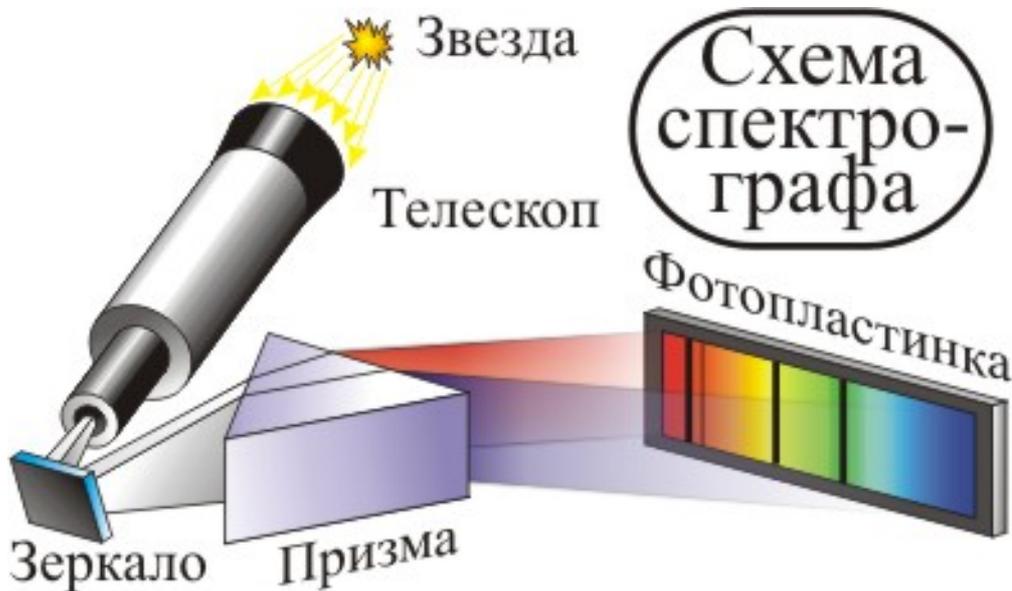
Наконец, докладчик демонстрировал снимки туманности, окружающей новую звезду, и указал на громадные, непонятные скорости, которыми обладают части этой туманности, разлетающиеся во все стороны от звезды.

1

Дневник XI съезда русских естествоиспытателей и врачей, 1901 №9 380.

А.А. Белопольский - отец русской астрофизики (доклад от 22.04.2006)

С.А. Семиков (руководитель: к.т.н. В.П. Савченко, доцент НГТУ)



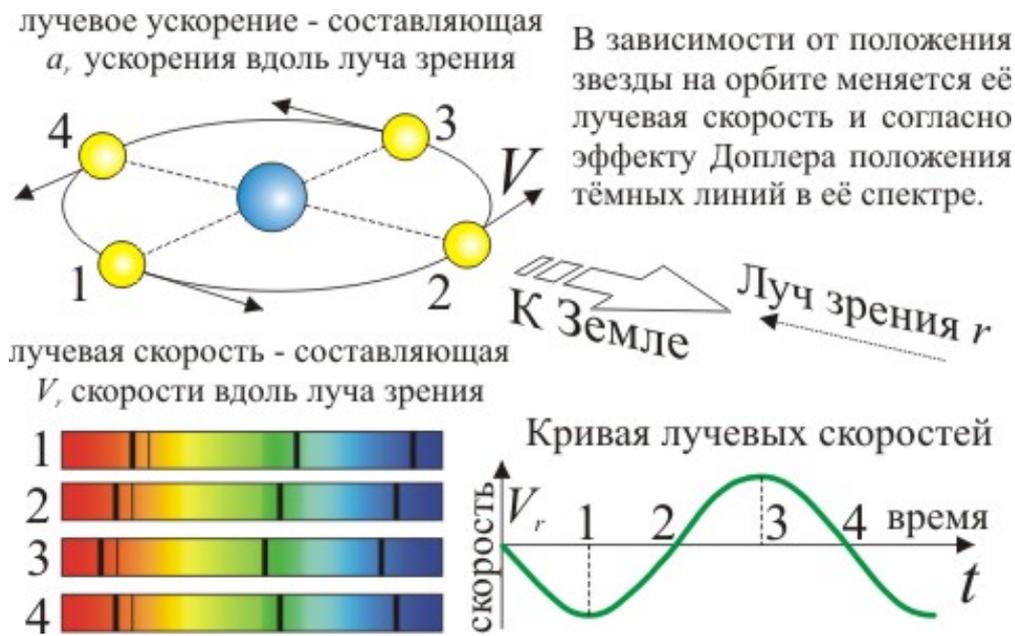
А.А.Белопольский
(1854 - 1934)

Главные открытия Белопольский сделал, наблюдая спектры космических объектов - их свет, разложенный в радужную полосу, на которой светлые участки соответствуют спектру излучения объекта, а тёмные линии - спектру поглощения.

Аристарха Аполлоновича Белопольского (1854–1934) поистине можно считать отцом русской астрофизики. Первый русский учебник по астрофизике принадлежит именно его перу. Одним из первых он начал широко применять в астрономии фотографию и спектральный анализ. Но здесь поговорим о тех смелых, пионерских работах Белопольского, которые мало кто знает, и в первую очередь о его воззрениях на природу цефеид и красного смещения.

Цефеиды - это звёзды, волнообразно меняющие яркость, "мигающие" словно маяк. Их и называют "маяками вселенной", ибо с помощью цефеид астрономы определяют, как далеко от нас находятся островки звёзд и галактик, разбросанные в безбрежном океане космоса. Используя эффект Доплера, Белопольский определил, что цефеиды ещё и движутся, синхронно с яркостью меняя направление своего движения. Это привело учёного к мысли, что цефеиды - это не одиночные, но парные, двойные звёзды, словно в вальсе, кружащиеся одна вокруг другой (см. о них книгу В.М. Липунова "В мире двойных звёзд"). Именно у двойных звёзд Белопольский не раз встречал те же, что у цефеид, плавные колебания лучевой скорости, вызванные движением по орбите. Если цефеиды - это парные звёзды, то движение более яркой

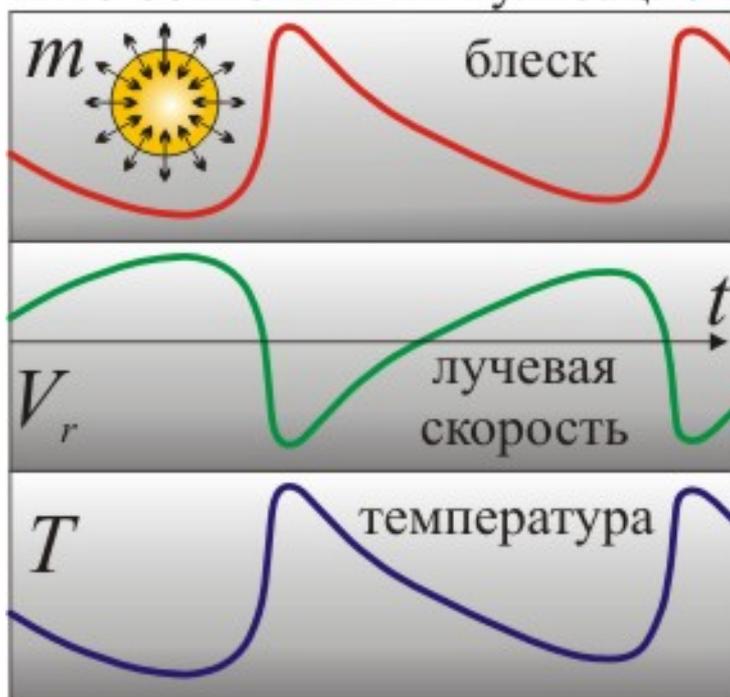
звезды вокруг невидимого спутника вызвало бы и волнообразные колебания яркости, как у тех двойных звёзд, что мигают с орбитальным периодом за счёт затмений, либо по иным причинам.



В зависимости от положения звезды на орбите меняется её лучевая скорость и согласно эффекту Доплера положения тёмных линий в её спектре.

Но такой взгляд на загадку цефеид вскоре был забыт, уступив место современному. Согласно ему цефеиды - это пульсирующие, периодически раздувающиеся звёзды. Расширяясь, поверхность звезды движется к нам, а, сжимаясь, - от нас, что и приводит к смещению линий в спектрах. Пульсацией объясняют и обнаруженные у цефеид колебания яркости и температуры. Впрочем, не ясно, почему эта пульсация не затухает, как любые колебания. Есть у цефеид и масса других странностей, объясняемых лишь с натяжкой, либо вовсе не объяснимых.

У цефеид колебания яркости, скорости и температуры принято объяснять их пульсацией.



Поэтому некоторые авторы предлагают вернуться к представлениям Белопольского о цефеидах, как о двойных звёздах. Так, В.И. Секерин в своём ["Очерке о теории относительности"](#) показывает, что двойные звёзды меняли бы яркость, если бы скорость света складывалась со скоростью испустившей его звезды (подобно тому, как при залпе из корабельных орудий скорость снарядов складывается со скоростью судна). От переменной скорости звезды разные скорости приобретал бы и её свет. Он приходил бы к нам то запаздывая, то опережая "график". Вот звезда и кажется то ярче, то темнее и тем заметней, чем большую дистанцию прошёл свет. Это можно проиллюстрировать на примере общественного транспорта. Так, трамваи, поначалу следующие друг за другом строго по расписанию, через равные интервалы, с течением времени утрачивают эту периодичность. Одни отстают, другие, напротив, идут с опережением. В итоге на одних участках дороги трамваи скапливаются, а на других их почти нет. Как и для света, колебания частоты следования вагонов растут пропорционально пройденному пути.

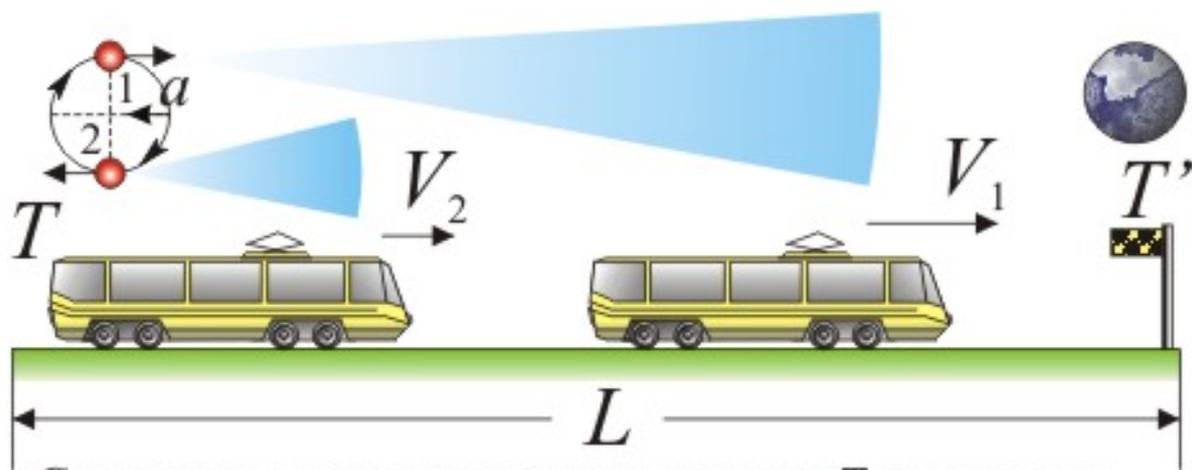


Схема изменения частоты и периода T следования трамваев или света в зависимости от их движения.

Так, если первый трамвай выехал из депо со скоростью V_1 , а второй, спустя время T , - со скоростью V_2 , то к остановке, расположенной на расстоянии L , они придут: первый - за время L/V_1 , второй - за L/V_2 . На разность времён хода $L(V_1 - V_2)/V_1V_2$ и вырастет промежуток времени T' между приходом трамваев к остановке в сравнении с начальным T . То же и для двух лучей света: будучи испущены звездой через промежуток времени T , они придут к наблюдателю уже с разрывом $T' = T + L(V_1 - V_2)/V_1V_2$. Разные скорости V_1 и V_2 лучи приобретают от переменной лучевой скорости звезды - от её лучевого ускорения a . Так, если в первый миг звезда испустила луч со скоростью V_1 , то в следующий, спустя время T , её скорость уменьшится на величину aT . На столько же замедлится и луч: его скорость V_2 составит $V_1 - aT$. Отсюда, считая скорости лучей V_1 и V_2 примерно равными скорости света c , находим $T' = T(1 + La/c^2)$.

Поскольку свет, испущенный звездой в промежуток времени T , воспримется в течение момента T' , пропорционально ему должна периодически, в зависимости от ускорения, меняться яркость звезды, "концентрация" света, аналогично плотности трамваев на разных участках пути. Изменения яркости следуют за изменениями лучевого ускорения звезды и выражены тем сильнее, чем ускорение выше, а звезда - дальше. Выходит, лишь некоторые двойные звёзды, с большой удалённостью и ускорением, будут заметно менять свой блеск.

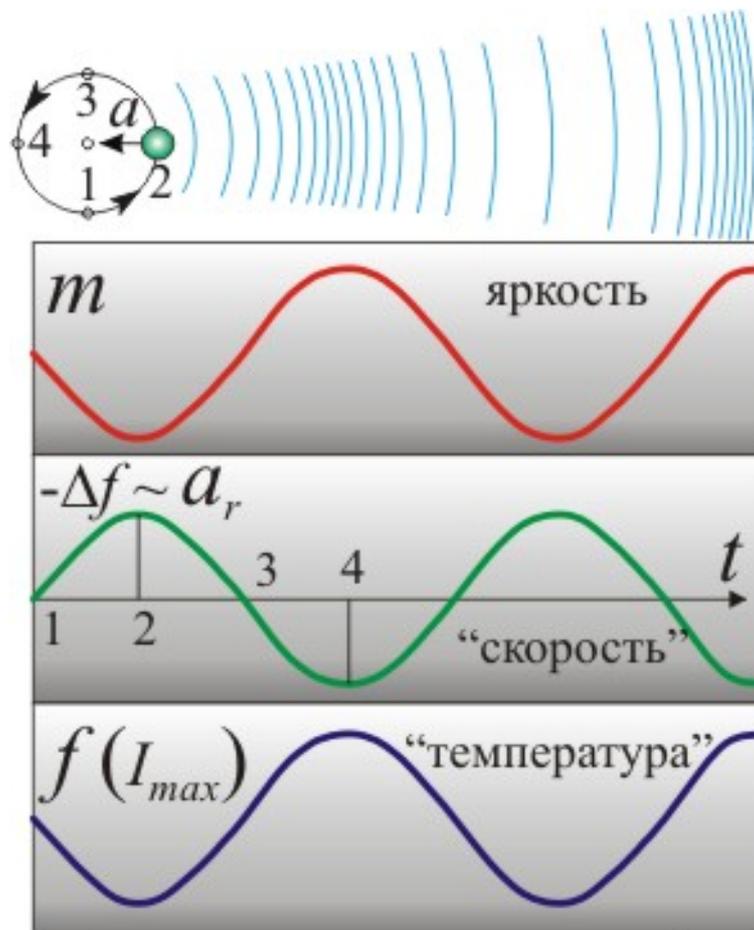
Изменяются и спектры звёзд. Раз свет - это периодический, волновой процесс, то подобно расстояниям между трамваями, периоду и частоте их следования, меняются длины волн света, период световых колебаний $T' = T(1 + La/c^2)$ и их частота $f' = 1/T' = f(1 - La/c^2)$. Этот эффект,

открытый ещё в начале XX века Вальтером Ритцем, отличается от доплеровского то, что частоту света меняет не скорость, а ускорение источника, и тем сильнее, чем он дальше.



Вальтер Ритц
(1878 - 1909)

Таким образом, синхронно с колебаниями яркости двойной звезды в её спектре должны "гулять" линии поглощения. Их смещения от эффекта Ритца, как показывают расчёты, много больше доплеровских. Поэтому у цефеид кривая спектрального смещения отражает не колебания скорости, но, подобно кривой блеска, колебания ускорения звезды. Недаром кривые блеска и "скоростей" (спектрального сдвига) цефеид так похожи. Сдвиг частоты меняет и цвет (спектр излучения): звезда то "синеет", то "краснеет". И раз по цвету находят её температуру (все видели, как раскалённый волосок в лампе, остывая, становится из жёлтого красным), то будет казаться, что в фазе со "скоростью" и блеском меняется "температура" звезды.



Движение звезды по орбите создаёт те же периодические изменения яркости и спектра, что обнаружены и у цефеид.

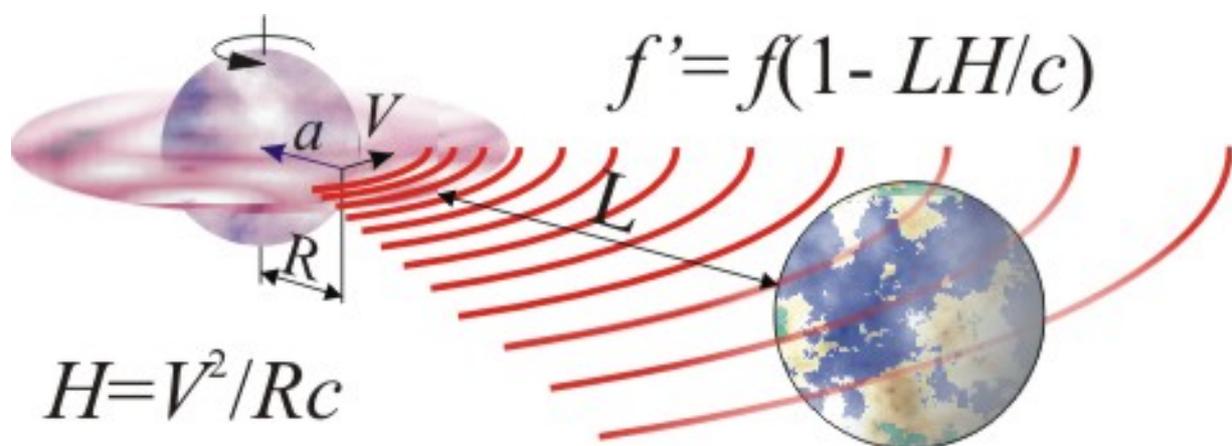
Итак, если прав Белопольский и Ритц, то, подобно мерцанию простых звёзд, меняющих цвет и яркость от волнения атмосферы, колебания блеска и цвета цефеид окажутся иллюзией. И если космонавт не видит мерцания звёзд, то и астронавт, оказавшийся рядом с цефеидой, нашёл бы её горячей ровным светом. Отдаляясь от цефеиды, он бы заметил колебания яркости, сперва едва заметные, но чем дальше, тем более выраженные. Многие странности цефеид, вроде изменения формы кривой блеска, степени и периода его колебаний, легко объяснимы в гипотезе Белопольского. Всё это следствия изменения звёздных орбит (их наклона, положения, формы, орбитального периода и т.д.), отражающихся на ускорениях, в свою очередь влияющих на колебания блеска. Наконец, раз согласно Белопольскому цефеиды – это тесные двойные системы, где расстояние между звёздами сопоставимо с их радиусами, то у звёзд с большими периодами, орбитами велики будут и размеры, а значит и светимости (зависимость период-светимость).

Но поговорим о другой интересной идее А. А. Белопольского – о его взглядах на природу красного смещения. Известно, что в спектрах

далёких галактик все линии смещены в красную область, причём тем сильнее, чем дальше от нас расположена соответствующая галактика. Это считают следствием эффекта Доплера: свет движущихся галактик меняет частоту с исходной f на $f' = f(1 - V/c)$. Причём скорость V "разлёта" галактик растёт пропорционально их удалённости L по закону Хаббла $V = LH$. Здесь H – постоянная Хаббла, равная 55 (км/с) / Мпс , показывает рост скорости "разлёта" галактик с удалением на каждый мегапарсек.

Белопольский нашёл красному смещению иное объяснение. Согласно ему галактики не разлетаются, и не в эффекте Доплера причина их "покраснения". Причина, по мнению Белопольского (см. его труды на <http://luchemet.narod.ru>), в том, что "расстояние светящегося источника оказывает какое-то влияние на световую волну, увеличивая её длину": одни гребни световых волн постепенно отстают от других, наращивая длину волны и снижая частоту.

Но ведь именно так в эффекте Ритца расстояние влияет на частоту света: $f' = f(1 - La/c^2)$. И если красное смещение $f' = f(1 - LH/c)$ вызвано эффектом Ритца, а не Доплера, то постоянная Хаббла $H = a/c$. Ускорения a в галактиках обусловлены их вращением, создающим центростремительное ускорение $a = V^2/R$, где V – окружная скорость звёзд в галактике, R – расстояние до её центра, откуда $H = V^2/Rc$. Галактики часто приравнивают друг к другу, поэтому примем для всех них значения V и R известные для нашей Галактики. Поскольку основной вклад в яркость галактик и самые интенсивные спектральные линии дают их ядра, берём V и R ядер. Галактическое ядро имеет радиус $R = 0,002 \text{ Мпс}$ и окружную скорость $V = 180 \text{ км/с}$.



Красное смещение в спектрах галактик как результат вращения их ядер и старения света.

Подставляя всё в формулу $H = V^2/Rc$, найдём, что постоянная Хаббла

должна по теории Белопольского равняться 54 (км/с) / Мпс . Это очень близко к тем 55 (км/с) / Мпс , что приведены в "Справочнике необходимых знаний", 2002 г. Итак, закон и постоянная Хаббла получены как естественное следствие гипотезы Белопольского и ритц-эффекта. Последний снимает и все возражения против идеи Белопольского, ибо красное смещение от эффекта Ритца проявлялось бы идентично доплеровскому – совершенно одинаково на всех частотах. И по смещениям спектров невозможно различить, какой их вызвал эффект – Доплера или Ритца.

Итак, забытые идеи Белопольского обретают новую жизнь, если принять введённый Ритцем эффект и принцип сложения скорости света и источника – это наиболее простое и естественное следствие опыта Майкельсона-Морли и aberrации звёздного света. Подобно своему древнегреческому тезке, Аристарху Самосскому, понявшему, что Земля обращается вокруг Солнца, Аристарх Аполлонович на основе наблюдений пришёл к своему, сильно отличному от общепринятого видению космоса, тоже нашедшему обоснование много позже. Это характеризует Белопольского как гениального провидца и пионера астрофизики, сумевшего в своё время увидеть не только значение спектральных приборов, но и замечательное будущее этой науки.

[\[Вернуться на главную\]](#)

КОСМОС РУССКОГО АРИСТАРХА

Аристарха Аполлоновича Белопольского (1854–1934) в своё время не зря называли "русским Аристархом". Этого замечательного учёного поистине можно считать отцом русской астрофизики, подобно тому, как звание отца русской авиации заслуженно носит Жуковский. Деятельность Белопольского связана с начальным периодом развития астрофизики в мире и у нас в стране. Именно его перу принадлежит первый учебник по астрофизике на русском языке. Он немало сделал и для наблюдательной и для теоретической астрономии, осуществляя, кроме того, и активную организационную деятельность, иницилируя переоборудование отечественных обсерваторий новыми астрофизическими приборами. Заслуги А. Белопольского велики не только перед отечественной, но и перед мировой астрофизикой. Достаточно сказать, что во многом именно его усилиями в астрономию того времени широко внедрились спектральные приборы и методы. Именно он впервые экспериментально доказал справедливость эффекта Доплера в оптике и астрономии, и тем самым обосновал возможность анализа скоростей по спектру. Расскажем подробнее о жизни и работах этого учёного.

Белопольский родился в Москве, в 1854 г. В 1877 г. окончил Московский университет, работая со студенческих лет на университетской астрономической обсерватории. С 1888 г. он переезжает в Санкт-Петербург и приходит работать в Пулковскую обсерваторию, а в 1917–1919 занимает даже пост её директора. В годы его работы в астрономии начали впервые применять фотографию и спектральный анализ, то есть по сути первые астрофизические приборы и методы. А.А. Белопольский сразу стал успешно использовать эти методы в своих астрофизических исследованиях, не раз совершенствовал конструкцию применявшихся им приборов и приспособлений. Одним из первых он стал фотографировать кометы (1884), Луну во время затмения, солнечную корону во время затмения 1887 г. Особое внимание уделял фотографированию Солнца, деталей его поверхности. Наблюдал на меридианном круге положения звёзд с большими собственными движениями, положения планет и комет.

Важной заслугой Белопольского перед астрофизикой, как говорилось, стало экспериментальное обоснование применимости эффекта Доплера в оптике, а значит и в астрономии. Напомним что до 1900 г. эффект Доплера, то есть влияние движения источника волн на их частоту и длину волны было проверено только для звуковых волн. Чтобы обнаружить проявления доплер-эффекта в оптике Белопольский придумал весьма оригинальную конструкцию. Поскольку спектрографы того времени имели небольшую разрешающую способность, а придать источнику света достаточно большую скорость было сложно, Белопольский остроумно применил движущиеся зеркала. При многократном отражении луча света от движущихся зеркал ситуация получалась такая, словно источник движется со скоростью расхождения зеркал, только умноженной на число отражений. Благодаря этому в

лаборатории Белопольский смог достичь скорости порядка 1 км/с (порядка одной десятой космической скорости), хотя части прибора двигались с намного меньшей скоростью. Благодаря этому формула эффекта Доплера для света была проверена с достаточной точностью. Не зря Белопольского считают пионером астроспектроскопии. Он одним из первых получил фотографии небесных светил с помощью спектрографов (один из спектрографов в Пулкове был построен по его указаниям).

Анализируя спектры переменных звёзд цефеид, периодически изменяющих свой блеск, Белопольский впервые обнаружил, что их лучевые скорости колеблются с тем же периодом, но в противофазе. В момент наибольшей яркости звезды, её лучевая скорость принимает наименьшее значение (направлена к нам). В дальнейшем это было объяснено пульсацией цефеид. Периодически расширяющаяся и сжимающаяся звезда должна по законам термодинамики разогреваться и охлаждаться. Благодаря этому меняется яркость звезды и её температура, что тоже подтвердилось спектральными измерениями. Цефеиды в дальнейшем сыграли большую роль в доказательстве существования других галактик.

Исследуя в 1895 г. лучевые скорости разных частей колец Сатурна, Белопольский доказал, что эти кольца не сплошные, а состоят из множества отдельных мелких тел, обращающихся вокруг планеты. Ранее к тому же выводу пришли теоретическим путём на основе механических расчётов разных моделей колец Дж. К. Максвелл, С.В. Ковалевская (первый российский математик-женщина) и некоторые другие исследователи. Рассмотрев модели колец, представляющие их сплошным телом, жидкостью, они пришли к выводу, что в этом случае кольца были бы неустойчивы и распались бы на части.

В первые же годы пребывания в Пулкове Белопольский произвёл исследование вращения Юпитера и выявил различие периодов вращения планеты близ её экватора и в более высоких широтах. То есть показал по сути, что поверхность, а точнее атмосфера Юпитера вращается не как единое жёсткое тело, а с запозданием на полюсах. Такой дифференциальный характер вращения имеет и Солнце. Кстати обширные исследования вращения Солнца производил и Белопольский, сперва наблюдая движение факелов на поверхности и анализируя накопленные Пулковской обсерваторией снимки Солнца, а позднее непосредственно определяя скорость движения разных частей Солнца по эффекту Доплера с помощью спектрографа и обнаружил что скорость его вращения может изменяться во времени. Белопольский входил в Международный союз по исследованию Солнца.

Главная тема наблюдений Белопольского – получение лучевых скоростей ярких звёзд 2-4-й звёздной величины для определения движения солнечной системы, а также исследование спектров переменных звёзд. Белопольский не пропускал ни одной вспышки новых звёзд без исследования её спектра. Белопольский интересовался также кометами – и не только изучением их спектров, но и вопросом о физическом строении и химическом составе их

хвостов. В приводимую здесь таблицу сведены все открытия, области интересов и наблюдения Белопольского.

Основные исследования и открытия А.А.Белопольского
Вращение Солнца и движение структур (пятен, факелов, протуберанцов) на его поверхности
Спектры и химический состав кометных хвостов
Выяснение строения кольца Сатурна
Обнаружение дифференциального и зонального характера вращения атмосферы Юпитера.
Измерение скорости вращения атмосферы Венеры
Измерение относительного движения Солнца в системе ближайших звёзд
Спектральные исследования двойных звёзд, в т.ч. β Лирь
Обнаружение колебаний лучевой скорости цефеид в противофазе с их блеском и гипотеза их двойственности
Наблюдения (в т.ч. спектральные) вспышек новых
Обнаружение космической дисперсии
Объяснение красного смещения галактик на основе гипотезы старения света
Лабораторные опыты, наблюдения и работы
Моделирование вращения Солнца, движения его пятен с помощью сферы, наполненной жидкостью
Проверка справедливости эффекта Доплера для оптики
Конструирование и усовершенствование астрономических приборов (большой частью спектрографов)

Хорошо видно сколь они значимы и разнообразны. Недаром уже в 1903 г. Белопольскому заслуженно становится академиком Российской Академии Наук. Сейчас нам очень трудно себе представить, чтобы современный учёный, а тем более астроном был автором столь многих научных открытий. Причины столь большой эффективности научной работы Белопольского заключены несомненно в очень быстром развитии новых методов измерений, в данном случае спектральных, самостоятельная разработка и усовершенствование этих новых приборов. Такой учёный, вовремя уловивший перспективность новых методик исследования, применяя новые, часто им же созданные приборы, непременно становится автором целого потока открытий. Так же Галилей, впервые сконструировавший подзорную трубу и направивший её на небо, в течение месяца сделал столько открытий, что их хватило бы на века. Он открыл горы на Луне, фазы Венеры, спутники Юпитера, пятна на Солнце, показал, что млечный путь представляет собой мириады звёзд, и кроме того истолковал все эти наблюдения и доказал с их помощью правильность своих взглядов и взглядов Коперника. Пример таких астрономов прошлого как Галилей и Белопольских показывает, сколь много может сделать учёный, остро чувствующий дух времени, новые веяния

в науке и перспективные методы исследований, готовые обернуться звездопадом открытий.

Сергей Семиков

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ КНИГ И ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ:

- 1) Энциклопедический словарь юного астронома, 2-е изд. - М.: Педагогика, 1986.
- 2) "Белопольский А.А." (статья БСЭ, М.: Советская Энциклопедия, 1970).
- 3) Ландсберг Г.С. Оптика. - М.: Наука, 1976.
- 4) Фесенков В.Г. Люди русской науки. - М., 1961.
- 5) <http://www.luchemet.narod.ru>.
- 6) Некоторые вопросы физики космоса: сб. - М.: ВАГО АН СССР, 1974.
- 7) Белопольский А.А. Астрономические труды. - М., 1954.

[\[вернуться к содержанию сайта\]](#)

SPECTROSCOPY LETTERS, 2(12), pp. 361-367 (1969)

RADAR TESTING OF THE RELATIVE VELOCITY OF LIGHT IN SPACE

Bryan G. Wallace

7210 12th Av No

St Petersburg, Fla. 33710 U.S.A.

РАДАРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ СВЕТА В КОСМОСЕ

Брайан Г. Уоллес (перевод на русский – С. Семиков, 2006 г.)

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: относительная скорость света, радарные измерения

Брайан Г. Уоллес

7210 12-е Авеню,

Санкт-Петербург, США.

РЕЗЮМЕ: Опубликованные данные межпланетных радарных измерений представляют свидетельство того, что относительная скорость света в космосе равна $c+V$, а не c .

ВВЕДЕНИЕ

Существует три основных теории об относительной скорости света в космосе. Ньютоновская корпускулярная теория является относительной в значении, принятом Галилеем, и она утверждает, что эта скорость равна $c+V$ относительно наблюдателя. Теория эфира постулирует, что скорость равна c лишь относительно эфира. Эйнштейновская теория постулирует, что скорость света равна c относительно наблюдателя. Эксперимент Майкельсона-Морли свидетельствует против теории эфира и в пользу $c+V$ теории. Теория c (т.е. теория постоянства скорости света: в дальнейшем автор так обозначает эйнштейновскую теорию – С. Семиков) объясняет результаты этого эксперимента, постулируя ad hoc (специально для этого) свойства пространства и времени. Джон Г.

Фокс рассудительно и беспристрастно исследовал все имевшиеся свидетельства и пришёл к выводу, что не существует ни одного прямого эксперимента, который бы опровергал какую-либо из оставшихся теорий.¹

РАДИОЛОКАЦИОННАЯ ПРОВЕРКА ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Межпланетный радиолокатор (радар) предоставляет первую возможность для преодоления технических трудностей и производства решающих экспериментов. Радиолокационные наблюдения позволяют измерять расстояния с точностью ± 1.5 км, причём единственной важной переменной в них является относительная скорость света в космосе. Если бы две радарные станции, расположенные с двух сторон Земли, одновременно наблюдали Венеру в течение нижнего соединения, то созданное вращением Земли максимальное различие в расстоянии, вычисленном по двум теориям, составило бы 260 км. Эта разница воспринялась бы как увеличение расстояния между Землей и Венерой. Ошибочная теория показала бы, что Венера одновременно находится на разном геоцентрическом (от Земли - С.С.) расстоянии. Опубликованные радиолокационные данные межпланетных измерений представляют свидетельство против c теории.² Лаборатория Линкольна произвела исчерпывающий c анализ всех радарных данных вплоть до 1966 г. Предсказываемая эйнштейновской общей теорией относительности задержка времени, хорошо совпадающая для Американской радиолокационной станции штата Массачусетс, составляла 1.57, для Пуэрто-риканской станции была уже 0.97, а для Криминовской станции в СССР получалась 7.10. Статья утверждала: "Правда, при изучении рис. 4 не ясно, как объяснить систематические расхождения времени задержки, полученного в СССР, с полученным в Аресибо и расхождений с лабораторией Линкольна для периода времени (июнь 1964 г.), когда все три группы наблюдали Венеру. Это несовпадение нельзя устранить, приняв просто, что разные обсерватории пользовались разными единицами времени. Это явное расхождение, более чем в пять раз превосходящее упомянутые ошибки измерения остаётся, таким образом, необъяснённым." Ошибочная теория может также обнаружить изменения в расчётных дистанциях, которые будут пропорциональны вариациям в относительной лучевой скорости отдельной радарной станции и Венеры. Теория c предсказывает ничтожные вариации, соответствующие максимально оцениваемому количеству проходимого радиолучом слоя плазмы, в то время как $c+U$ теория предсказывает существенные вариации. Тем самым радиолокационные данные снова предоставляют свидетельство против c теории. Опубликованный лабораторией Линкольна в 1961 г. c анализ всех радарных измерений положения Венеры наглядно показал расхождения в расчётных величинах $a.e.$

(астрономической единицы), которые были много больше их предельных оценок по всем возможным ошибкам.³ Они содержат ежедневную составляющую пропорциональную изменениям скорости, вызванным вращением Земли, 30-дневную составляющую, которая пропорциональна изменениям в Земно-Лунном вращении, и синодическую (годовую) составляющую, которая пропорциональна изменениям в орбитальных скоростях относительно Солнца. Эти изменения не могли быть вызваны гравитационными вариациями, поскольку полный \underline{c} анализ лаборатории Линкольна показал, что величины масс планет предельно близки к тем, что использовал Ньюкомб при вычислении эфемерид, использованных в расчётах астрономической единицы. Лаборатория устранила эти расхождения при оценке данных, используя кривую, построенную по методу наименьших квадратов. В своей книге "Радиолокационная астрономия" страница 159 Ирвин И. Шапиро заявляет: "Если теория неправильна, величины параметров будут, как правило, выбираться из данных таким способом, который позволяет замаскировать несоответствия теории (например, если задействуется кривая наименьших квадратов)."⁴ Страница 170 этой книги показывает, что в 1961 г. амплитуда 30-дневного колебания становилась 440 мкс – примерно в пять раз больше, чем амплитуда 30-дневных колебаний в более поздних измерениях, давших 1295 мкс. Это свидетельствует о том, что часть 30-дневных вариаций соответствует проходимоу (радиолучом) слою плазмы. Амплитуда этого колебания получается чересчур велика, чтобы её можно было объяснить в рамках \underline{c} теории, но такую величину можно ожидать найти, если скорость света есть $c + v$. Шапиро опубликовал статью в "Scientific American", в которой он представил свидетельство, подкрепляющее предсказание Эйнштейна о том, что притяжение Солнца должно уменьшить скорость света, если фотоны, испущенные радаром, проходят рядом с Солнцем.⁵ Поскольку Эйнштейн основывал это предсказание на фотонах, имеющих, подобно частицам, массу, то оно подтверждает ньютоновскую корпускулярную модель в той же степени, что и \underline{c} модель.

Я произвёл \underline{c} и $c+v$ анализ восьми из опубликованных в 1963 г. серий наблюдений.⁶ Уравнение (1) было использовано для вычисления расстояния от радарной станции до поверхности Венеры по \underline{c} теории.

$$D_E = tc/2 - tv / 2 \quad (1)$$

Здесь t – время движения радарного луча; $v = dc/2f$ – относительная лучевая скорость, положительная при сближении и отрицательная при удалении; d – доплеровское смещение; f – частота; $D_E = tc/2$ по времени движения отражённого луча, равного $t/2$ в \underline{c} теории, но не в c

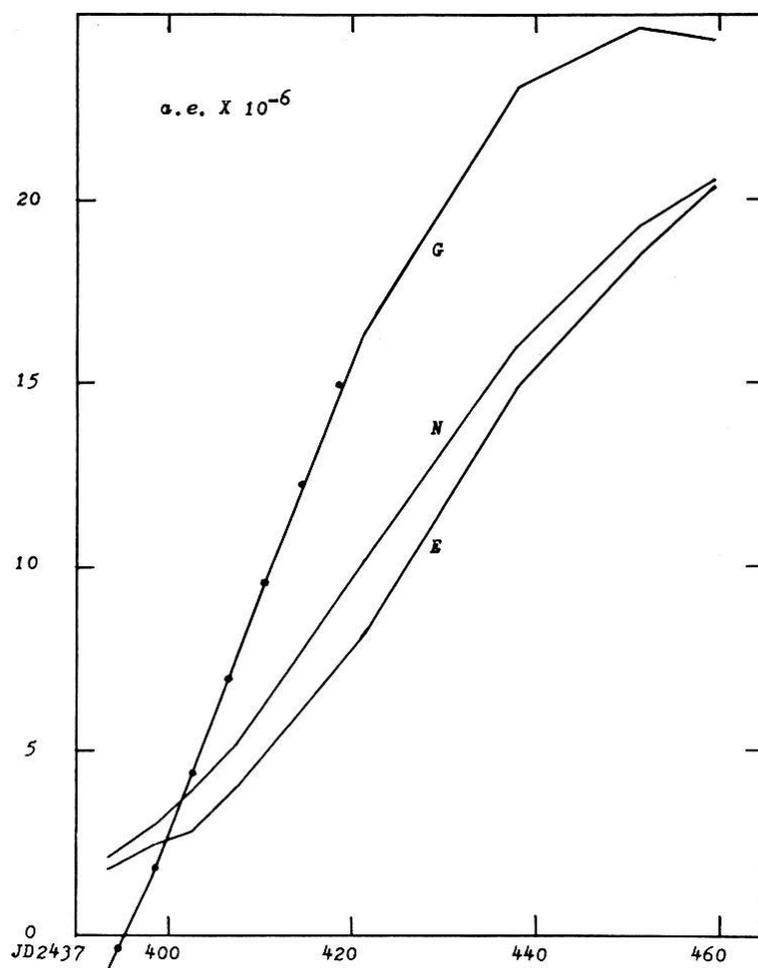
$c+v$ теории.

Уравнение (2) задаёт расстояние для $c+v$ теории и основано на том факте, что $c+(c+2v)=2(c+v)$. Второй член обоих уравнений (1) и (2) делает поправку в расстоянии на время движения луча, вернувшегося к передатчику. Если она становится положительной, то скорректирует расстояние, приведя его к тому времени, когда луч покинул передатчик.

$$D_G = t(c+v)/2 - tv/2 = tc/2 \quad (2)$$

Дополнительные данные и большинство используемых формул были почёрпнуты из "Американского эфемеридного и навигационного альманаха" и его "Пояснительного приложения". Использованная величина астрономической единицы составляла 149 597 850 км, – то же значение использовалось и в анализе лаборатории Линкольна. Поскольку оно было определено в момент нижнего соединения, величина c должна быть близка к величине $c+v$, поскольку относительная орбитальная скорость (Земли и Венеры вдоль луча зрения – С.С.) была бы нулевой.

Рис. 1 представляет собой график расхождений между средними гелиоцентрическими радиус-векторами Венеры как рассчитанных по таблицам Ньюкомба возмущённых радиус-векторов Ньюкомба N и расчётных радарных расстояний $E(c)$ и $G(c+v)$ как преобразованных в гелиоцентрические радиус-векторы. Средние величины формируют математически чистый эллипс, так что вариации в величинах расхождений не могут им соответствовать. Поскольку полный c анализ всех радиолокационных данных дал величины планетарных масс предельно близкие к тем, что использовал Ньюкомб, и поправки времени Ньюкомба для оптических данных были основаны на c теории, кривая E должна соответствовать N в пределах максимально возможной оценки ошибок радарных данных. Радарные данные представляют свидетельство против c теории, поскольку $N-E$ расхождения много больше любой возможной ошибки, и они пропорциональны изменениям в относительной лучевой скорости радарной станции и Венеры.



Точки на кривой G рис. 1 изображают величины по эфемеридам, которые я рассчитал, используя метод Коуэлла численного интегрирования орбит и величины планетарных масс по Ньюкомбу. Обратите внимание на близкое согласие между законом Ньютона и его $c+V$ корпускулярной теорией. И это несмотря на то, что величины планетарных масс по Ньюкомбу были основаны на c поправках времени, и не было сделано никакой попытки исправить расстояния для ощутимого эффекта проходимой лучом плазмы, поскольку данные для разных частот на тот момент времени и для той станции были недоступны. Сравнительно близкое совпадение между данными и законами Ньютона – это свидетельство в пользу $c+V$ корпускулярной теории Ньютона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В недавнем письме Шапиро выказал интерес к сотрудничеству в исчерпывающем исследовании относительной скорости света в космосе. Он пишет, что лаборатория Линкольна прошла через серьёзное "затягивание поясов". И я надеюсь, что базы данных станут в итоге доступными, и что лаборатория Линкольна произведёт полное исследование $c+V$ теории. Хотя анализ данных предоставляет сильное свидетельство против c и в пользу $c+V$ теории, я не считаю, что это можно рассматривать как убедительный вывод, пока не будет проведено

исчерпывающее $c+U$ исследование.

ССЫЛКИ

1. [J. G. Fox, Amer. J. Phy., 33,1 \(1965\)](#)
2. M. E. Ash, I. I. Shapiro, W. B. Smith, Astron. J., 72, 338 (1967)
3. G. H. Pettengill, H. W. Briscoe, J. V. Evans, E. Gehrels, G. M. Hyde, L. G. Kraft, R. Price, V. B. Smith, Astron. J. 67, 181 (1962)
4. J. V. Evans, T. Hagfors, MIT Lincoln Laboratory, Radar Astronomy (McGraw-Hill Book Co., New York, N. Y., 1968)
5. I. I. Shapiro, Scien. Amer., 219, 28 (July 1968)
6. W. B. Smith, Astron. J., 68, 15 (1963)

Поступило 12 ноября 1969 г.

Дата установки: 01.10.2006.

[\[вернуться к содержанию сайта\]](#)

W





Уважаемые посетители сайта, посвящённого
работам и биографии Аристарха Аполлоновича
Белопольского!

С жизнью и творчеством А.А.Белопольского для начала можно ознакомиться по интересной и содержательной статье А.И.Еремеевой ["ПИОНЕР ОТЕЧЕСТВЕННОЙ АСТРОФИЗИКИ. К 150-летию со дня рождения академика А.А.Белопольского"](#) ("Вестник Российской Академии Наук", 2004 г., том 74, №6, с.524). Новьё

Здесь же Вы найдёте наиболее интересные фрагменты из книги: А.А. Белопольский "Астрономические труды", М., 1954 г., а также комментарии к ним. Страницы с биографией и работами Белопольского большей частью заимствованы с замечательного сайта <http://bourabai.narod.ru> Карима Хайдарова (с его разрешения и одобрения), тоже в значительной степени посвящённого работам классиков астрономии и физики. Такие страницы помечены значком 

Регулярно, по мере перевода трудов Белопольского в электронный вид на сайте будут издаваться и новые страницы, полностью раскрывающие замечательные идеи этого учёного.

Аристарх Аполлонович

БЕЛОПОЛЬСКИЙ

(1854-1934)

Аристарх Аполлонович Белопольский являлся одним из виднейших учёных XIX и XX вв. Вместе со своим учителем Ф. А. Бредихиным А. А. Белопольский был пионером новой науки — астрофизики. Всю свою жизнь он посвятил наблюдательной астрофизике. Он всегда считал, что окончательный ответ на тот или иной вопрос астрофизики должна дать практика, т. е. наблюдения и лабораторные опыты. Но наряду с этим А. А. Белопольский всегда придавал большое значение теории. Будучи учёным-материалистом, он решительно возражал против идеалистических толкований явлений природы и, в частности, астрономических явлений, и указывал, что подобные толкования всегда приводили к противоречиям с наблюдениями.

В своих исследованиях А. А. Белопольский оставался строго последовательным. Используя результаты своих наблюдений, А. А. Белопольский смог предсказать целый ряд явлений, понятых лишь в последние годы. Сюда прежде всего следует отнести явления, наблюдаемые на поверхности Солнца, на звёздах (особенно переменных и новых), а также и явления, наблюдаемые при изучении спектров различных небесных тел. Результаты замечательных лабораторных опытов, поставленных А. А. Белопольским, составили яркую страницу в истории отечественной физики и астрофизики.

Можно смело сказать, что всю свою сознательную жизнь А. А. Белопольский отдал своей любимой науке — астрофизике. Он считал, что, как и любая истинная наука, астрофизика должна служить народу, Родине.

КРАТКАЯ БИОГРАФИЯ

1(13).7.1854, Москва, - 16.5.1934, Пулково

Аристарх Аполлонович Белопольский - русский астроном, академик (с 1903 г.) .

Родился в Москве. Со студенческих лет работал на университетской астрономической обсерватории. В 1877 окончил Московский университет и был оставлен при нём для подготовки к званию профессора астрономии.

Деятельность А. А. Белопольского связана с начальным периодом развития астрофизики. В конце XIX в. в астрономии стали применяться новые методы исследований - спектральный анализ и фотография. А. А. Белопольский успешно использовал эти методы в своих астрофизических исследованиях, не раз совершенствовал конструкции применявшихся им приборов и приспособлений. Одним из первых он стал фотографировать

кометы, Луну во время затмения. Получил фотографии солнечной короны во время затмения 1887. Наблюдал на меридианном круге положения звёзд с большими собственными движениями, положения планет и комет. С 1888 г. до конца жизни - на Пулковской обсерватории (причем в 1917 - 1919 гг. был её директором).

В Физике известно явление, называемое эффектом Доплера (по имени австрийского физика), которое заключается в том, что длина волны распространяющихся звуковых, световых и других колебаний воспринимается наблюдателем несколько измененной, в сравнении с той, которая была излучена, если источник колебаний и наблюдатель движутся относительно друг друга.

Следствием этого эффекта является то, что линии в спектре звезды смещаются к его фиолетовому концу, если звезда движется, приближаясь к наблюдателю, к красному, если звезда удаляется от него. А. А. Белопольский экспериментальным путем доказал возможность использования эффекта Доплера для измерения лучевых скоростей небесных тел (т.е. скоростей вдоль луча зрения).

В первые годы пребывания в Пулкове А. А. Белопольский произвёл исследование вращения Юпитера и выявил различные периоды вращения планеты близ её экватора и в более высоких широтах; произвёл обширные исследования вращения Солнца по движению факелов и измерения многочисленных фотографий Солнца, полученных в Пулкове в 1881-88.

Главная тема наблюдений Белопольского - получение лучевых скоростей ярких звёзд 2-4-й величины (около 200) для определения движения Солнца и исследование спектров переменных звёзд. Белопольский не пропускал ни одной вспышки новых звёзд без исследования её спектра. Открыл периодические колебания лучевых скоростей цефеид. Вскоре он начал работы по определению и исследованию лучевых скоростей небесных светил (т. е. их скоростей вдоль луча зрения). Одним из первых получил фотографии спектров небесных светил с помощью спектрографов (один из спектрографов в Пулкове был построен по его проекту). Открыл факт различия параллактических и спектроскопических скоростей ярких звезд, окружающих Солнце. Как установил Белопольский, геометрическая скорость Солнца относительно ближайших звезд составляет 20 км/с, а спектроскопическая - около 16 км/с в апексе и 24 в антиапексе.

Исследуя спектры переменных звезд - цефеид, он обнаружил, что изменения их блеска и лучевых скоростей происходят с одним и тем же периодом, но со сдвинутой фазой. Цефеиды сыграли в дальнейшем большую роль в доказательстве существования других галактик.

Исследуя лучевые скорости разных частей колец Сатурна, Белопольский в 1895 г. одновременно с рядом других астрономов доказал, что эти кольца не сплошные, а состоят из множества отдельных мелких тел, обращающихся вокруг планеты.

А.А. Белопольский составил первый учебник астрофизики на русском

языке.

Не довольствуясь доказательством принципа Доплера по наблюдениям лучевых скоростей звёзд, Белопольский построил остроумный прибор для экспериментального доказательства наличия допллер-эффекта для света. Выполненное независимо от каких-либо теоретических построений, это доказательство имело решающее значение для науки. С помощью звёздного спектрографа А. А. Белопольский пытался спектральным путём исследовать вращение Солнца; в 1912 он заказал специальный инструмент для этой цели, который, однако, был изготовлен только в годы Советской власти (1923). Белопольский с его помощью сфотографировал спектр края Солнца по плану Международного союза по исследованию Солнца, председателем русского отделения которого он был. При этих исследованиях Белопольский заметил, что скорость вращения Солнца несколько уменьшилась с 1925 по 1933, что подтвердилось и наблюдениями других астрономов. Белопольский интересовался также кометами - и не только изучением их спектров, но и вопросом о физическом строении и химическом составе их хвостов

А. А. Белопольский
у 30-дюймового
рефрактора в
Пулкове, 1932 г.

А. А. Белопольский у 30-дюймового (76 см) рефрактора в Пулкове (1932 г.).

НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК И КОММЕНТАРИИ

О. Я. Мельников

[Автобиографический очерк](#)

[I. Исследования тел Солнечной системы](#)

[II. Исследования Солнца](#)

[III. Исследования звёзд](#)

[IV. Лабораторные опыты](#)

V. Конструирование и исследование инструментов

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ

ОБ АНАЛОГИИ МЕЖДУ ДВИЖЕНИЯМИ НА ПОВЕРХНОСТИ СОЛНЦА И ЦИРКУЛЯЦИЯМИ ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЖИДКОЙ СФЕРЕ (I, с. 61)

О ХАРАКТЕРИСТИКЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ЛИНЗЫ ДЛЯ СПЕКТРОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ТРИДЦАТИДЮМОВЫМ РЕФРАКТОРОМ ПУЛКОВСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ (I)

ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИНЦИПА ДОППЛЕРА-ФИЗО, НЕ ПРИБЕГАЯ К КОСМИЧЕСКИМ СКОРОСТЯМ (I)

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ПОДЧЁРКИВАНИЯ СЛАБЫХ ЛИНИЙ ЗВЁЗДНЫХ СПЕКТРОГРАММ (I)

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ГЕЙСЛЕРОВЫХ ТРУБОК (I)

СОЛНЕЧНЫЙ СПЕКТРОГРАФ АКАДЕМИИ НАУК (I)

ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНО-ДВОЙНЫХ И КРАТНЫХ ЗВЁЗД (II)

По поводу статьи П.Н.Лебедева "Об особенностях спектра В

Возничего" (II, с. 203)

Результаты спектральных наблюдений новой Персея в Пулкове (III, с.

220)

Об изменении интенсивности линий в спектрах некоторых цефеид (III,

с. 226)

[Звёзды и внегалактические туманности](#) (VI, с. 266)



[Новые исследования спиральных туманностей](#) (VI, с. 268)



КОММЕНТАРИИ К "ИЗБРАННЫМ РАБОТАМ" А.А. БЕЛОПОЛЬСКОГО

[ОТДЕЛ ПЕРВЫЙ. Лабораторные исследования и испытания](#)

[инструментов](#) (с. 301)



[ОТДЕЛ ВТОРОЙ. Исследования спектрально-двойных и кратных звёзд](#)

(с. 304)



[ОТДЕЛ ТРЕТИЙ. Исследования переменных и новых звёзд](#) (с. 307)

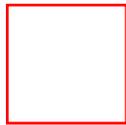


[ОТДЕЛ ЧЕТВЁРТЫЙ. Спектроскопия тел солнечной системы](#) (с. 310)



[ОТДЕЛ ПЯТЫЙ. Изучение спектра Солнца и солнечных образований](#) (с.

312)



[ОТДЕЛ ШЕСТОЙ. Изучение спектров внегалактических туманностей](#) (с.

313)

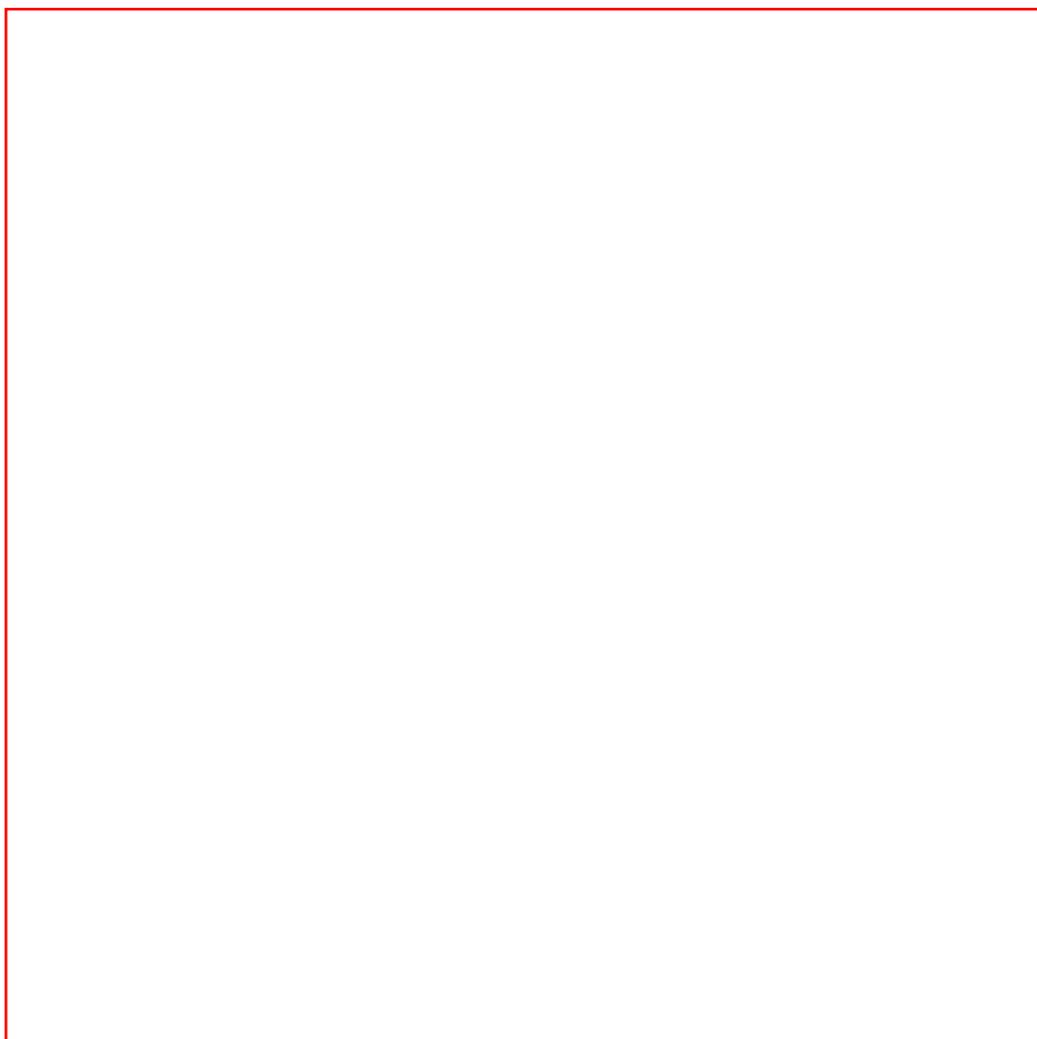


[ОТДЕЛ СЕДЬМОЙ. Доклады](#) (с. 314)



В скобках указаны номера отделов (латинскими цифрами) и страниц (арабскими цифрами) по книге "Астрономические труды", откуда были взяты соответствующие работы. Их список будет расти со временем, по мере перевода в электронный вид.

Очень рекомендуем посетить ещё один сайт, имеющий прямое отношение к идеям Белопольского. А именно сайт <http://ritz-btr.narod.ru>, раскрывающий суть баллистической теории Ритца (БТР), в рамках которой находят теоретическое и практическое обоснование многие идеи Белопольского.



Особенно интересны становятся идеи и гипотезы А.А. Белопольского и Вальтера Ритца в свете открытий и космических наблюдений последних лет, которые во многом противоречат современной космологии и физике, но легко объясняются в

рамках БТР. Ниже приведены ссылки на страницы, посвящённые лишь некоторым из таких наблюдений, явлений и эффектов:

[1. Кольцо из звёзд в туманности Андромеды](#)

[2. Двойное кольцо вокруг сверхновой SN 1987 A](#)

[3. Повторная вспышка и другие странности сверхновой SN 1987 A](#)

[4. Сверхплюснутость звезды Ахернар \(альфа Эридана\)](#)

[5. "Кокон" вокруг цефеид](#)

[6. Неправильные пульсации Полярной звезды](#)

[7. Неправильные колебания формы Миры Кита](#)

[8. Объект 0024+1654 - размытие вдоль эллипса орбиты на множество штрихов](#)

Рекомендуем также посетить страницу <http://www.cnews.ru>, на которой рассказано о нарастающей кризисной ситуации в космологии, созданной накопившимися объёмами совершенно необъяснимых наблюдательных данных. Считают, что это должно привести к полному пересмотру современной физики и космологии. И велика вероятность того, что в итоге учёные придут как раз к некогда оставленным идеям Белопольского и Ритца, благодаря которым многие явления космоса получают простое объяснение в рамках всего одной гипотезы. Тогда как в нынешней астрофизике на каждое новое необъяснимое, невозможное в её рамках явление приходится вводить новую гипотезу. Такой способ объяснения явлений посредством введения всё новых и новых гипотез ad hoc- своего рода подпорок под шаткое основание обречённой теории - Пуанкаре называл лоскутным. И вполне справедливо считал такой способ обоснования теории малоубедительным, а саму теорию - с очень большой вероятностью ошибочной.

О неубедительности, искусственности обоснования современной космологии и особенно гипотезы Большого взрыва пишут уже очень многие авторы и у нас и за рубежом. См. например [коллективное письмо](#), опубликованное в журнале "New Scientist" в 2004 г. И многие уверены, что уже в ближайшие годы произойдет новая революция в науке с полной отменой старых отживших представлений теоретической физики и космологии. Вот почему ныне становятся столь актуальными и интересными некогда оставленные и забытые идеи Белопольского и Ритца, в рамках которых из небольшого числа исходных положений можно вывести почти все наблюдаемые и необъяснимые явления космоса.

Подробнее это показано в популярных статьях:

1. [А.А. Белопольский - отец русской астрофизики.](#)
2. [Ключ к загадкам космоса](#) // "Инженер" 2006, №3.
3. [Как устроены маяки Вселенной?](#) // "Инженер" 2006, №9. Новье
4. ["О вращении небесных сфер"](#) // "Инженер" 2006, №9. Новье

Тем, кто интересуется также представлениями Ритца о природе света, электричества и магнетизма, рекомендуем следующие популярные статьи:

5. [СТО ЛЕТ СТО](#) // "Инженер" 2005, №11;
6. [О природе электричества и магнетизма](#) // "Инженер" 2006, №1;

Ниже помещён и краткий биографический очерк о жизни и работах Белопольского:

7. [Космос русского Аристарха;](#)

Наконец приводим перевод на русский язык статьи Дж. Фокса, 6-й раздел которой посвящён рассмотрению двойных звёзд в рамках баллистической (эмиссионной) теории Ритца. Причём показано, что наблюдения над двойными звёздами не только не противоречат БТР, но во многом подтверждают её предсказания:

8. Свидетельства против эмиссионных теорий; Новьё

Ниже также приводим перевод статьи Брайана Уоллеса, в которой показано, что радарные измерения положений Венеры подтверждают баллистический принцип сложения скорости света со скоростью источника, а не второй постулат СТО:

9. Радарные измерения скорости света в космосе. Новьё ;

В нижеприводимой статье О.А.Мельникова и В.С. Попова показано, что существующему доплеровскому объяснению красного смещения противоречат многие космические наблюдения. Поэтому приводятся альтернативные, недоплеровские объяснения красного смещения в том числе на основе гипотезы Белопольского о старении света

10. Недоплеровские объяснения красного смещения в спектрах далёких галактик. Новьё

Последнее обновление - 16 января 2007 г.