

ИЗУЧЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ КОРОНЫ
НА ОСНОВЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПОЛНОГО СОЛНЕЧНОГО
ЗАТМЕНИЯ 25 ФЕВРАЛЯ 1952 ГОДА

М. А. ВАШАКИДЗЕ

В настоящей работе излагаются результаты исследования поляризации солнечной короны на основе измерения фотографического материала, полученного в Арчмане (Туркменская ССР) при полном солнечном затмении 25 февраля 1952 года.

Абастуманская астрофизическая обсерватория Академии наук Грузинской ССР организовала экспедицию по наблюдению полного солнечного затмения в следующем составе: М. А. Вашакидзе (начальник экспедиции), Ш. М. Чхайдзе, М. С. Зельцер, М. Г. Колхидашвили и В. В. Вихров (механик). Чтобы увеличить вероятность наблюдения затмения, экспедиция была разделена на две части. Группа с радиометрической установкой была направлена в Чиили (Казахская ССР), а с поляриметрической—в Арчман.

Задачей нашей экспедиции были наблюдения по двум темам—поляриметрии и радиометрии солнечной короны, для выполнения которых были изготовлены специальные установки.

Изучение поляризации солнечной короны и в настоящее время является весьма актуальной задачей астрофизики, несмотря на то, что подобные наблюдения выполнялись многократно. Объяснение поляризации излучения солнечной короны впервые дал Шварцшильд, считая ее результатом электронного рассеяния излучения Солнца, поскольку электронный газ обладает способностью поляризовать излучение при его рассеянии. Как выяснилось, максимум поляризации, при электронном рассеянии соответствует углу рассеяния, равному 90° .

Согласно формуле Томсона:

$$\sigma_e = \frac{8\pi}{3} \left(\frac{e^2}{mc^2} \right)^2 = 0.66 \cdot 10^{-24} \text{ см}^2,$$

электронное рассеяние излучения не зависит от длины волны. Отсюда естественно заключить, что степень поляризации свечения короны не должна обнаруживать зависимости от длины волны. В самом деле, как показали наблюдения Омана [1], Дюфея и Груйе [2], а также автора настоящей статьи [3], если не принимать во внимание наблюдения Кона [4], представляющие исключение по своим противоположным результатам, степень поляризации не обнаруживает заметной зависимости от длины волны, что еще раз указывает на то, что корональное свечение обусловлено электронным рассеянием. Однако если принять во внимание потемнение к краю, как на это указывают Н. Н. Парийский [5] и И. С. Шкловский [6] то, степень поляризации должна, от края Солнца вдоль данного радиуса, быстрее возрастать в фотографических лучах, не-

Отв. редактор Е. К. Харадзе

жели в визуальных. Так, например, для ρ (расстояния от центра Солнца), равного 1.2 и 1.4, степень поляризации p имеет значения: 0.40, 0.39; 0.49, 0.48 для длин волн 4330 Å и 5700 Å, соответственно. Между тем для более далеких точек значения совпадают.

Следует отметить, что в нашей предыдущей работе мы, показав, что степень поляризации в фотографических лучах быстрее возрастает чем в визуальных лучах, получили значение этой разности. Однако последнее намного больше, чем это получается теоретически. С теорией же согласуются также данные Кона [4] для самой внутренней короны.

Если на самом деле имеется разница в степени поляризации для указанных лучей, то это стоит проверить только для самой внутренней короны в пределах $2'$ от края Солнца, где эта разница теоретически достигает 3%-ов. Для остальной части короны, обнаружить один процент разницы методами фотографической фотометрии невозможно, и даже невозможно обнаружить эту величину фотоэлектрическими методами.

Ввиду сказанного можно заключить, что в будущем на затмениях не имеет смысла ставить исследование поляризации в разных лучах, за исключением самой внутренней части короны.

Наблюдения Гротриана [7] и Ван-де Хулста [8, 9] показали, что солнечная корона состоит в основном из двух частей. Первая составляющая—электронный газ (внутренняя часть), вторая составляющая—пылевая (внешняя корона). Соответственно приняты два обозначения: К—электронная составляющая или «настоящая» корона и F—пылевая составляющая или «ложная» корона. Было бы целесообразным добавить к этим двум составляющим третью составляющую ионизованных атомов, обозначив ее через IA, хотя эту часть короны, которая, повидимому занимает среднее или переходное положение между К и F частями, было бы трудно выделить.

В качестве пылевой части короны принята та пылевая среда, которая находится в нашей солнечной системе, т. е. межпланетная пыль, и подобна межзвездной пыли (Гринштейн и Хенней [10]). Известно, что межпланетная пыль ответственна за зодиакальное свечение, поэтому внешнюю корону часто называют «внутренней зодиакальной средой».

Ввиду вышесказанного очевидно, что вместе с поляризованным светом присутствует и естественный свет в виде рассеянного пылевыми частицами солнечного света и собственного излучения ионов. Поэтому в формуле¹ (1), используемой для определения степени поляризации:

$$p = \frac{I_r - I_t}{I_r + I_t} \quad (1)$$

сумма $I_r + I_t$ включает в себя и неполяризованное излучение по каждому компоненту—величину A. Частично поляризованный свет так и понимается, что к нему примешана неполяризованная часть, и поэтому

¹ В ней I_r —интенсивность радиальной составляющей вектора поляризованного света, которая лежит в плоскости рассеяния, а I_t —тангенциальная составляющая (по отношению к Солнцу). Все это относится к излучающей точке фотосферы Солнца, но в среднем можно считать и относительно центра Солнца. Из электромагнитной природы света ясно, что эти векторы лежат в плоскости, перпендикулярной к направлению распространения света.

определение степени поляризации свечения короны по формуле (1) должно считаться справедливым.

Если хотят выделить в короне нейтральное излучение A, формулу (1) пишут в виде (Н. Н. Парийский [5]):

$$p = \frac{I_r - I_t}{I_r + I_t + 2A} \quad (2)$$

Имея из наблюдений $I_r - I_t$, вычисляют распределение плотностей электронов $N_e(r)$ и затем, на основе теории рассеяния, получают теоретическую интенсивность поляризованного света $I_r + I_t$, но из наблюдений известно также $I = I_r + I_t + 2A$. Отсюда и получается доля неполяризованного излучения.

Такого вида вычисление имеет определенный смысл для установления начала и конца т. е. границ F короны. Обычно, F корону выделяют из K короны по фраунгоферовым линиям, т. е. та часть короны, которая дает линии поглощения, есть пылевая, а та, которая дает сплошной спектр,—электронная. Этот способ разделения короны на две части нужно считать надежным, однако через них, повидимому, трудно провести резкую граничную линию.

С целью разделения короны на две составляющие, можно также воспользоваться поляризационными данными, т. е. для данного ρ можно установить соотношение электронного газа и пылевой части короны. На основе составляющих K и F получают фактор f , который имеет следующий вид:

$$f = \frac{K}{F + K} \quad (3)$$

Если фактор f умножить на теоретическое значение P , мы должны получить наблюдаемое значение степени поляризации. В случае несовпадения вычисленных и измеренных значений надо придать соответствующие поправки составляющим K и F, в чем и выражается поляризационный метод разделения короны на две составляющие. На такой метод разделения короны указывает в своей работе Ван-де Хулст [9]. Однако его теоретические кривые всегда дают меньшее значение степени поляризации, чем это получается из наблюдений. Ван-де Хулст указывает еще на другие методы разделения короны на K и F, но на них мы не будем останавливаться.

Вообще, нельзя утверждать, что вышеуказанные части короны разделяются резкой линией или существует такая линия, после которой не встречаются электроны. Вероятнее всего такая резкая граница на самом деле существует для пылевой части короны, поскольку после приближения пылинок на определенное расстояние к Солнцу, они испаряются, тогда как относительно электронов этого сказать нельзя. Поэтому и считают, что пылевая часть короны сферическая. Однако, если принять, что в испарениях пылинок участвует и корпускулярное излучение в виде частиц, то в экваториальной части короны пылевая составляющая должна быть отодвинута от солнечного края больше, чем в полярных областях, т. е. внутренняя часть пылевой короны должна иметь форму геоида.

В средней и внешней короне составляющая K примешана к составляющей F и скорее в средней части короны присутствуют все три составляющие— K , F и ионизованные атомы¹.

В нашей предыдущей работе [3] мы показали, что распределение степени поляризации нельзя считать сферически симметричным, так как оно связано с формой короны. Где корона вытянута, там максимум степени поляризации отодвигается на большие расстояния от края Солнца. Такой эффект на наблюдательном материале был показан В. Г. Фесенковым [12]. Однако, известно, что форма короны связана с солнечной активностью и поэтому степень поляризации должна находиться в зависимости от солнечной активности. В связи с этим Ван-де Хулст [9] дает две теоретические кривые экваториальной части короны для максимума и минимума солнечной активности; они не показывают большого различия между собой.

В настоящей работе мы попытаемся показать зависимость между солнечной активностью и расстоянием от края Солнца максимума степени поляризации, основываясь на наших и других наблюдениях.

1. В 1941 и 1945 годах мы наблюдали на одной и той же 20-см камере в комбинации с марблитовым анализатором. Эта поляриметрическая установка описана нами в работах [3] и [13].

На этот раз, 25 февраля 1952 года, для наблюдения поляризации солнечной короны мы воспользовались трехобъективной камерой, с целью одновременного фотографирования короны в трех положениях анализатора. Эта установка имеет определенное преимущество перед прежней, где три фотографии короны получались последовательно. Однако каждая из этих установок имеет и определенные недостатки, которых мы и коснемся здесь.

Недостатки последовательных снимков заключаются в следующем:

а) На отдельных последовательных снимках фон неба получается с разной интенсивностью, по причине передвижения заревого кольца с движением тени Луны вдоль полосы загниения. При наступлении полной фазы, когда экспонируется первая пластинка, зарево кольцо находится на расстоянии нескольких километров от наблюдателя, в середине фазы оно находится на краю полосы полной фазы, и в конце затмения зарево кольцо снова приближается к наблюдателю. Все это, очевидно, вызывает неоднородность фона пластинок при последовательных снимках.

б) При использовании интенсивности для получения степени поляризации из последовательных снимков, необходимо, чтобы было учтено движение Луны, поскольку отсчеты точек вдоль радиуса у нас производятся от края Солнца ввиду большего удобства измерений. Край Солнца меняется вследствие движения Луны, что может привести к определенным ошибкам. Хотя ошибки такого вида больше всего будут проявляться вдоль движения Луны, тем не менее учитывать это необходимо. С другой стороны, всякая редукция вводит свои ошибки.

¹ После идентификации корональных линий, Эдлен [11] показал, что во внутренней короне вместе с электронным газом присутствуют и атомы, которые очень сильно ионизованы. Рассеянный ионами свет незначителен, поскольку коэффициент рассеяния для электронов в тысячу раз больше, чем для ионов (см. [6]).

Описанные два вида ошибок надо считать самыми главными при методе последовательных снимков, не говоря еще об ошибках, вызываемых изменением коэффициента прозрачности земной атмосферы.

Очевидно, указанные ошибки относятся к длинным экспозициям и к экспозициям отстоящим друг от друга по времени на 10 секунд и более.

Трехобъективная камера может иметь следующие недостатки:

а) Три объектива не отцентрированы относительно друг друга с достаточной точностью, т. е. все три объектива не работают на главной оптической оси.

б) Три объектива по своим оптическим данным не имеют точно одно и то же фокусное расстояние, следовательно дают разные масштабы поля.

Если подобного рода неоднородности значительны, то такими объективами и не следует вообще пользоваться.

Указанные ошибки, в случае трехобъективной камеры, если они на самом деле присутствуют, довольно трудно учитывать.

Мы решили изготовить и применить поляриметрическую установку в виде трехобъективной камеры.

2. Для изготовления трехобъективной камеры, мы воспользовались тремя коллиматорными объективами ГОИ, с фокусным расстоянием 1 метр и светосилой 1/12. Ввиду того, что объективы рассчитаны для коллиматоров спектрографа, они не имеют большого исправленного поля, что является одним из недостатков с точки зрения их применения к подобным работам. Однако, мы все-таки воспользовались ими, не имея под рукой лучших. Хорошо, что фокусное расстояние этих объективов точно совпадает с фокусным расстоянием 20-см камеры, использовавшейся нами при предыдущих затмениях. Это делает более сравнимыми между собой настоящие и предыдущие определения.

В качестве анализатора на трехобъективной камере были использованы поляроиды, плоскости поляризации которых согласно методу В. Г. Фесенкова [12] ориентировались под углом 120° друг к другу, что как известно, дает возможность одновременно определять степень и направление плоскости поляризации. Они были установлены непосредственно перед объективами. Поляроиды очень хорошего качества и имеют незначительную селективность. Однако, в нашем случае последняя не имеет большого значения ввиду того, что мы не ставили себе целью изучение поляризации для разных участков спектра и—благодаря одновременным снимкам короны в трех положениях анализатора.

Использование поляроидов вызвало очень резкое уменьшение продолжительности экспозиции по сравнению с прежним марблитовым анализатором, что представляется неблагоприятным с точки зрения стандартизации негативов. Поэтому, заднафрагмировав объективы, мы искусственно удлиннили экспозиции.

3. Ниже приводим схему нашей установки:

Трехобъективная камера была смонтирована на параллактической установке ГОМЗ ПМ-III, которая специально построена для экспедиционных целей (с приспособлением для изменения широты). Внутренняя часть трехобъективной камеры была разделена на три отдельные камеры в соответствии с положениями осей объективов. В эти три трубки были

вставлены по несколько диафрагм. Для уменьшения рассеянного света вся внутренность почернена.

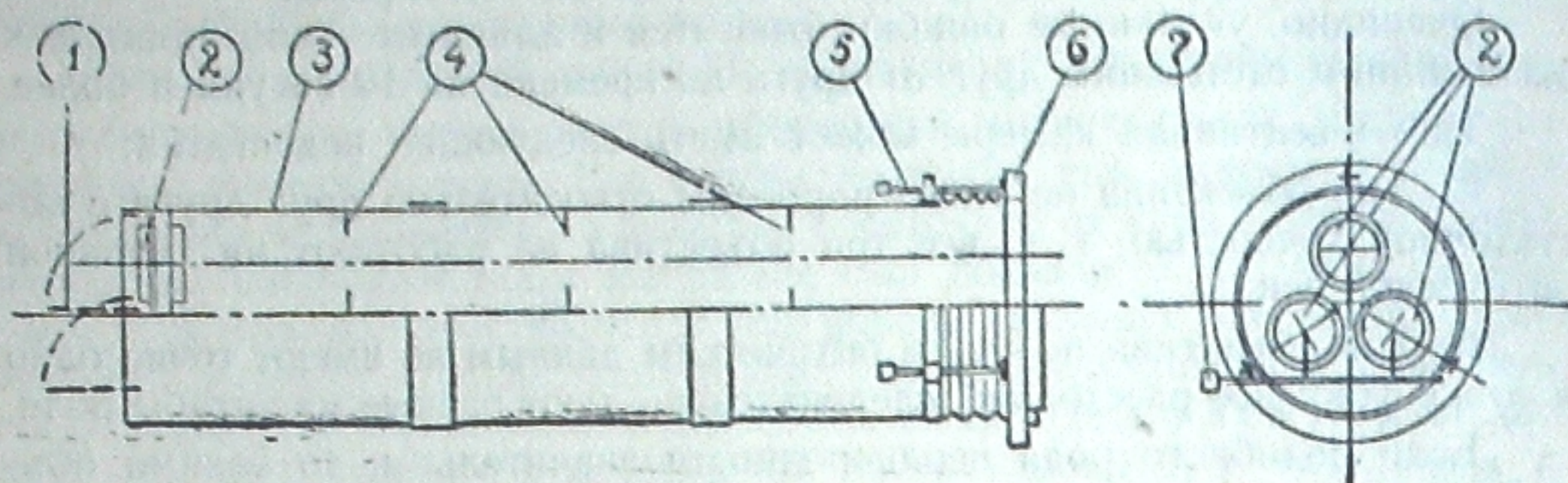


Рис. 1 бзб.

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Затвор в открытом положении | 5. Фокусировочные винты |
| 2. Объективы | 6. Кассетная часть |
| 3. Тубус | 7. Ручка затвора всех трех объективов |
| 4. Диафрагмы | |

Кассетная часть камеры устроена так, чтобы легко менять кассету. Передвижение кассеты не было устроено, ввиду того, что для трех одновременных изображений короны требовались большие пластинки, и поэтому устройство передвижной кассеты не имело смысла. Мы пользовались двумя двухсторонними кассетами, в которые помещались пластинки размером 24×24 см. Кассеты сделаны из твердой породы дерева, что придает им легкость.

Описанная установка давала нам возможность получить четыре негатива, каждый—с тремя изображениями короны, соответственно трем положениям анализатора. Таким образом, для измерения мы получили всего двенадцать изображений короны.

Имея в виду получение четырех серий снимков по три изображения короны, мы так подобрали экспозиции, чтобы получить на негативах все три части короны: внутреннюю, среднюю, и внешнюю. Обычная фотографическая пластинка не может перекрыть всю корону в том смысле, чтобы отсчеты гальванометра при измерении как внутренней, так и внешней короны приходились на прямолинейную часть характеристической кривой. Как известно, большие ошибки в определениях степени и плоскости поляризации получаются при использовании передержанной и недодержанной частей характеристической кривой. Поэтому первая экспозиция так была подобрана, что на прямолинейную часть кривой приходилась внутренняя корона, а экспозиция четвертой серии—так, что приходилась внешняя корона. Вообще, в будущем следует получать отдельные серии снимков с большей частотой в смысле экспозиций.

4. Экспозиция для фотографирования короны нами была подобрана по Луне, считая, что яркость Луны равна яркости внутренней короны. Экспозиции для остальных частей короны были рассчитаны на основе экспозиции внутренней короны и принимая известный закон падения яркости с расстоянием от края Солнца. Мы решили получить отдельные серии со следующими экспозициями: I серия—2.5 сек., II серия—6.0 сек., III серия—15 сек. и IV серия—30 сек. Известно, что для внешней короны продолжительность экспозиции должна быть примерно в 10 раз больше чем для внутренней короны. Наши экспозиции действительно отвечают такому соотношению.

Ввиду того, что смена кассеты занимает у нас в среднем 10—15 секунд, всего пришлось затратить на эту операцию примерно 40 сек. Таким образом, учитывая продолжительность экспозиции отдельных серий, мы свободно уместились в 95 секунд. В течение оставшихся 20 секунд продолжительности полной фазы мы могли любоваться прекрасным зрелищем короны.

5. В качестве фотопластинок нами были использованы свежие «Агфа Астро-Платен» Z 1333, чувствительные в фотографической области спектра. Пластинки имели противоореольный слой. Ввиду того, что пластинки имели размер 30×24 см, приходилось их резать на 24×24 см; на таких кусках свободно помещались три изображения солнечной короны.

6. Калибровку негативов мы проделали на трубчатом фотометре, который имелся при нас в экспедиции. Отпечатки фотометра на кусках пластинок были получены на следующий день после затмения. Куски пластинок были получены при резке пластинок 30×24 см; таким образом для каждого негатива мы имели из той же пластинки негатив с отпечатком трубчатого фотометра. На каждом куске мы получали несколько шкалок с разными экспозициями, благодаря передвижению пластинки в фотометре. Шкалки получались с экспозициями от 2 до 15 секунд, т. е. примерно с такими же экспозициями, с какими фотографировались изображения солнечной короны.

Ввиду того, что полученные пластинки были довольно громоздки, пришлось не все серии проявлять вместе, а каждую пластинку с тремя изображениями короны и со своей шкалкой. В качестве проявителя был использован мегол-гидрохиноновый проявитель, которым обычно пользуюемся в нашей обсерватории. Температура проявителя во время проявления была 19° , а продолжительность проявления—8 минут. Как известно, наклон характеристической кривой довольно сильно зависит от температуры раствора и от продолжительности проявления. Ввиду этого все четыре пластинки были проявлены в строго стандартных условиях, чтобы избежать возможных дополнительных ошибок.

7. В качестве измерительного прибора мы использовали так называемый быстрый фотометр. Несмотря на то, что этот прибор предназначен для измерений спектрограмм, его легко приспособить к измерениям звезд и, тем более,—протяженных объектов, каким является корона. С этой целью на быстром фотометре была установлена круглая диафрагма взамен щели. При этом мы воспользовались позиционным адаптером, который имеет деления на градусы, а благодаря тому, что позиционный круг довольно большого размера, на глаз можно было отсчитывать с точностью 0.1 градуса.

При измерении точек вдоль данного радиуса перемещение пластины производилось с помощью микрометрического винта с шагом 0.5 миллиметра. На муфте барабана винта отсчитывается передвижение с точностью 0.01 мм. Эту точность отсчета нужно считать вполне приемлемой, если принять во внимание точность отсчета употребляемого позиционного круга.

Были измерены всего 36 радиусов, т. е. измерялись радиусы через каждые десять градусов по позиционному углу. За первый радиус нами было взято направление вдоль северной части оси вращения Солнца. Затем, последовательные радиусы лежали через Восток т. е. так же, как отсчитываются позиционные углы на небесном своде.

При измерении первой серии негативов для внутренней короны (экспозиция 2.5 сек.) первую точку мы брали отходя от края Солнца всего на 0.2 миллиметра, что соответствует 0'.7. Вдоль радиуса измерения производились шагом 0.2 мм до расстояний в 3 миллиметра от солнечного края, после чего за шаг бралось 0.4 мм.

Измеренные точки приведены в таблице I, где даются также соответствующие дуговые величины.

Таблица I ცხრილი

Изм. точки გამომიწვეტილები	Тоже в единицах дуги იგივე რკალის ერთეულებში	Выч-на поляризация გამოთვლილი პოლარიზაცია	Изм. точки გამომიწვეტილები	Тоже в единицах дуги იგივე რკალის ერთეულებში	Выч-на поляризация გამოთვლილი პოლარიზაცია	Изм. точки გამომიწვეტილები	Тоже в единицах дуги იგივე რკალის ერთეულებში	Выч-на поляризация გამოთვლილი პოლარიზაცია	Изм. точки გამომიწვეტილები	Тоже в единицах дуги იგივე რკალის ერთეულებში	Выч-на поляризация გამოთვლილი პოლარიზაცია
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.2мм	0'.69	—	2.2мм	7'.56	—	5.0мм	17'.19	11	8.4мм	28'.88	—
0.4	1.38	1	2.4	8.25	—	5.4	18.56	—	8.8	30.25	15
0.6	2.06	2	2.6	8.94	8	5.8	19.94	12	9.0	30.94	—
0.8	2.75	3	2.8	9.63	—	6.0	20.63	—	9.4	32.32	—
1.0	3.44	4	3.0	10.30	—	6.4	22.00	13	9.8	33.70	16
1.2	4.13	5	3.4	11.70	9	6.8	23.38	—	10.0	34.38	—
1.4	4.81	6	3.8	13.06	—	7.0	24.07	—	—	—	—
1.6	5.50	—	4.0	13.75	—	7.4	25.44	14	—	—	—
1.8	6.20	—	4.4	15.13	10	7.8	26.82	—	—	—	—
2.0	6.88	7	4.8	16.50	—	8.0	27.50	—	—	—	—

Как видно из этой таблицы, не для всех измеренных точек были вычислены степень и плоскость поляризации. Точки, для которых были вычислены степень и плоскость поляризации, отмечены порядковыми номерами в третьем столбце таблицы I.

Ввиду того, что корона фотографировалась одновременно в трех разных плоскостях поляризации, нет необходимости учитывать движение Луны в смысле исправления расстояния от солнечного края. Как указывалось выше, эти поправки необходимы особенно для того радиуса, вдоль

которого движется Луна. Однако, как видно из кривых (см. ниже), зависимость степени поляризации от расстояния меняется незначительно. В области максимума, на довольно большом участке, производная $\frac{dP}{dr}$ меняется мало, если судить также по наблюдениям других авторов, так что степень поляризации на одной десятой доли минуты дуги в худшем случае может изменяться незначительно.

Если движение Луны может повлиять на результаты, то это может сказаться на средних значениях степени поляризации, когда мы их осредняем из данных четырех серий негативов. Из-за влияния движения Луны больше всего должны отличаться между собой определения по первой серии и четвертой. Однако заметим, что по первой серии поляризация определялась для внутренней короны, а по четвертой—для внешней, и поэтому редко брались средние из I и IV. Средние значения больше всего приходилось брать из I—II, II—III и из III—IV. Луна проходит за 15 секунд, т. е. за промежуток времени, отделяющий друг от друга наши серии снимков, приблизительно 0'.1, а величина $\frac{dP}{dr}$ на 0'.1 меняется не

так значительно и этой величиной можно пренебречь¹, так что вполне можно осреднять степени поляризации соседних серий. Заметим, что это влияние будет касаться больше всего лишь нескольких радиусов, а всех других меньше, и в перпендикулярных движению Луны радиусах оно будет равно нулю.

8. Ниже дается таблица II, в которой представлены осредненные по всем четырем сериям значения степени поляризации. Заметим, что осреднение относится больше всего к точкам 6, 7, 8, 9 и 10. Точки 1, 2 и 3 даются по данным первой серии, а точки 11, 12, 13, 14 и 15—по данным четвертой. Осреднялись те точки, которые находятся на прямолинейной части характеристической кривой, поэтому точкам 6, 7, 8, 9 и 10 надо приписать больше веса, чем крайним точкам таблицы II; последним следует приписать небольшие веса еще потому, что большинство из них относятся к непрямолинейной части характеристической кривой т. е.—к областям передержки и недодержки.

В заголовках таблиц II и III расстояния даются в дуговой мере соответственно таблице. Для внутренней стороны расстояния в заголовках таблиц II и III округлены до десятой доли минуты, а на больших расстояниях округлены иногда до минуты.

Степень и плоскость поляризации мы вычисляли по формулам В. Г. Фесенкова [12], вывод которых можно найти в работе [3].

Поэтому приведем здесь их в окончательном виде:

$$P = \frac{a-b}{a+b} \sec 2d, \tag{4}$$

$$P = \frac{2 \sqrt{a(a-b) + b(b-c) + c(c-a)}}{a+b+c} \tag{5}$$

¹ 25 февраля 1952 года, во время затмения, диаметр Луны был больше диаметра Солнца всего на 0'.6, так что по мере движения Луны максимальная разница в отсчетах края Солнца между началом и концом полной фазы могла достигнуть 0'.6.

$$P = \frac{2(a-b)}{(2b+a)\cos 2\alpha + a\sqrt{3}\sin 2\alpha} \quad (6)$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \sqrt{3} \frac{c-b}{2a-b-c} \quad (7)$$

В этих формулах P — степень поляризации, α — позиционный угол, отсчитываемый от плоскости поляризации анализатора, когда он нахо-

Таблица II

№	r'	φ														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. N	340°	19%	21%	23%	28%	28%	33%	33%	27%	20%	19%	18%				
2.	350	28	32	34	26	28	34	34	26	27	20	17				
3.	0	29	31	26	26	40	34	34	28	29	27					
4.	10	34	37	34	29	39	32	29	27	24	15	16				
5.	20	34	36	47	48	37	35	30	20	14	21	30				
6.	30	31	31	37	32	44	44	38	42	41	29	16	18%			
7.	40	23	30	28	37	38	37	41	42	44	47	46	40	35%	31%	27%
8.	50	—	18	27	31	37	37	39	40	43	48	43	41	35		
9.	60	—	19	28	30	44	43	41	39	41	40	30	24	23		
10. E	70	16	28	29	39	40	36	37	40	24	23	12	16			
11.	80	13	25	27	29	24	31	31	31	14	09	13	11	14		
12.	90	23	22	23	30	20	24	27	26	15	08	14				
13.	100	23	28	25	31	24	24	26	26	17	14	08	05			
14.	110	25	29	29	35	32	25	24	27	21	23	24	16			
15.	120	—	29	35	35	29	28	26	26	20	14					
16.	130	31	34	35	24	28	34	26	26	15	26	17				
17.	140	30	31	28	24	26	26	25	26	25	14					
18.	150	21	31	29	22	23	22	23	20	16						
19. S	160	29	28	24	28	27	26	22	18	16	19	15				
20.	170	17	29	29	27	24	27	21	14	17	18					
21.	180	30	32	39	38	34	27	30	28	15						
22.	190	32	36	48	46	40	40	41	41	42	31					
23.	200	31	38	48	42	41	38	36	39	47	35	35	35			
24.	210	24	37	39	46	43	44	36	43	43	39	47	41			
25.	220	35	40	43	42	42	38	41	43	42	38	38	37			
26.	230	33	38	43	42	48	46	45	51	50	35	38				
27.	240	31	37	39	43	42	41	41	49	51	49	48	46			
28. W	250	—	40	39	42	38	38	41	43	41	42	39	38			
29.	260	31	30	38	38	39	39	39	40	43	39	37	38			
30.	270	30	31	38	39	41	45	43	36	38	38	35	27	35		
31.	280	25	30	35	34	39	44	38	36	34	34	29	18	09		
32.	290	27	35	34	38	44	48	35	36	38	20	25	19	11		
33.	300	26	31	37	36	39	31	37	32	22	22	14	17			
34.	310	33	39	38	34	34	33	32	30	17	16	17	19			
35.	320	23	30	32	34	32	34	32	25	23						
36.	330	29	32	34	28	29	34	34	33	22	23					

Примеч. Ошибки определения степени поляризации по методу трех положений анализатора здесь не приводятся; они указаны в наших ранних работах [3, 13].

дится в первом положении; a , b и c — интенсивности излучения исследуемого объекта соответственно для трех положений анализатора.

Формула (4) используется в случае, когда анализатор поворачивается по позиционному углу на 90° и получаются интенсивности a и b . Формула (5) используется, если анализатор поворачивается шагом $\Delta\varphi = 60^\circ$, и получаются интенсивности a , b и c (по методу В. Г. Фесенкова). Формула (6) используется если анализатор поворачивается шагом $\varphi = 60^\circ$, но имеются снимки лишь для двух положений анализатора, т. е. имеются интенсивности a и b . Угол α принимается в этом случае известным. Формула (7) дает возможность получить ориентацию плоскости поляризации линейно поляризованного света, имея интенсивности a , b и c . Относительно определения направления плоскости поляризации, а также о некоторых других видах формулы, мы сделаем замечания ниже.

На основе таблицы II, мы построили кривые зависимости P от r . Для этого радиусы, представленные в таблице II, были сгруппированы по пять симметрично вокруг главных направлений N , E , S и W (направление $N-S$ как обычно, считалось вдоль оси вращения Солнца). Из них были окончательно получены средние значения для построения кривых P в зависимости от r .

Ниже дается рисунок 2, на котором представлены кривые для экваториальной зоны Солнца по отдельности для E и W . На этом же чертеже дается теоретическая кривая, полученная Ван-де Хулстом [9] для экваториальной зоны, при учете пылевой части короны. Как видно из этих кривых, западная часть экватора показывает более высокую степень поляризации, чем восточная. Это указывает на то, что западная часть является более развитой, чем восточная. Впрочем надо отметить, что на вос-

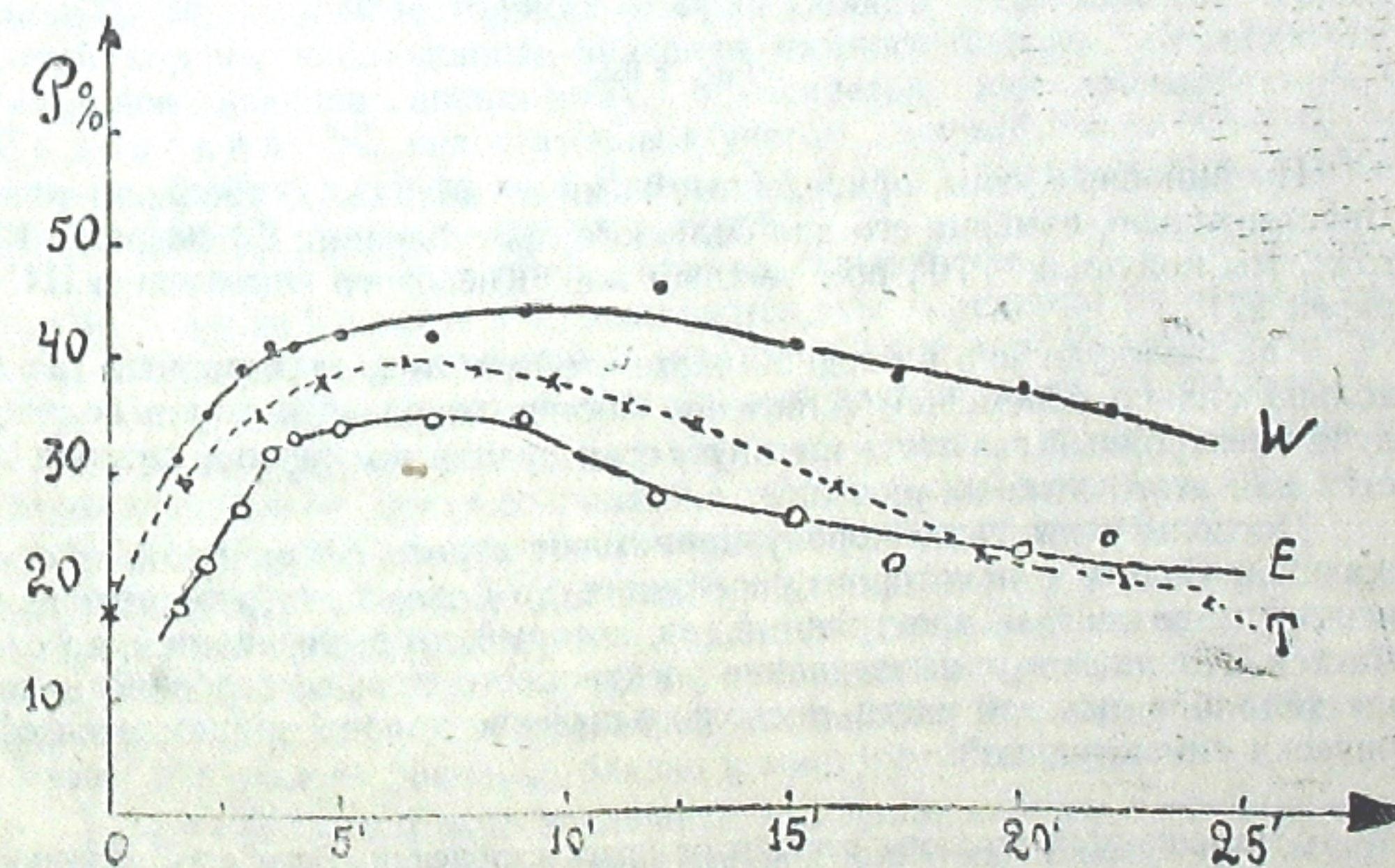


Рис. 2 ббб.

точной части короны находится самый длинный луч, хотя он не совпадает с плоскостью солнечного экватора и расположен приблизительно на 30° севернее. При выводе осредненных значений P , для направления E , этот луч участвовал лишь частично, этим и объясняются небольшие значения степени поляризации для направления E .

Западная часть короны показывает максимум поляризации на расстоянии от солнечного края $r = 12'$, а восточная часть—при $r = 8'$. Это явление еще раз доказывает, что максимум поляризации тем более отодвигается от солнечного края, чем больше вытянута корона.

Чтобы подтвердить сказанное, мы построили кривую зависимости P от r для самого яркого луча, который находится на восточной стороне. Эта кривая иллюстрируется рисунком 3. Она построена по данным радиусов № 7 и 8, которые определенно находятся в пределах этого луча, а их средний позиционный угол¹ равен 45° , и по отношению к оси вращения— 65° .

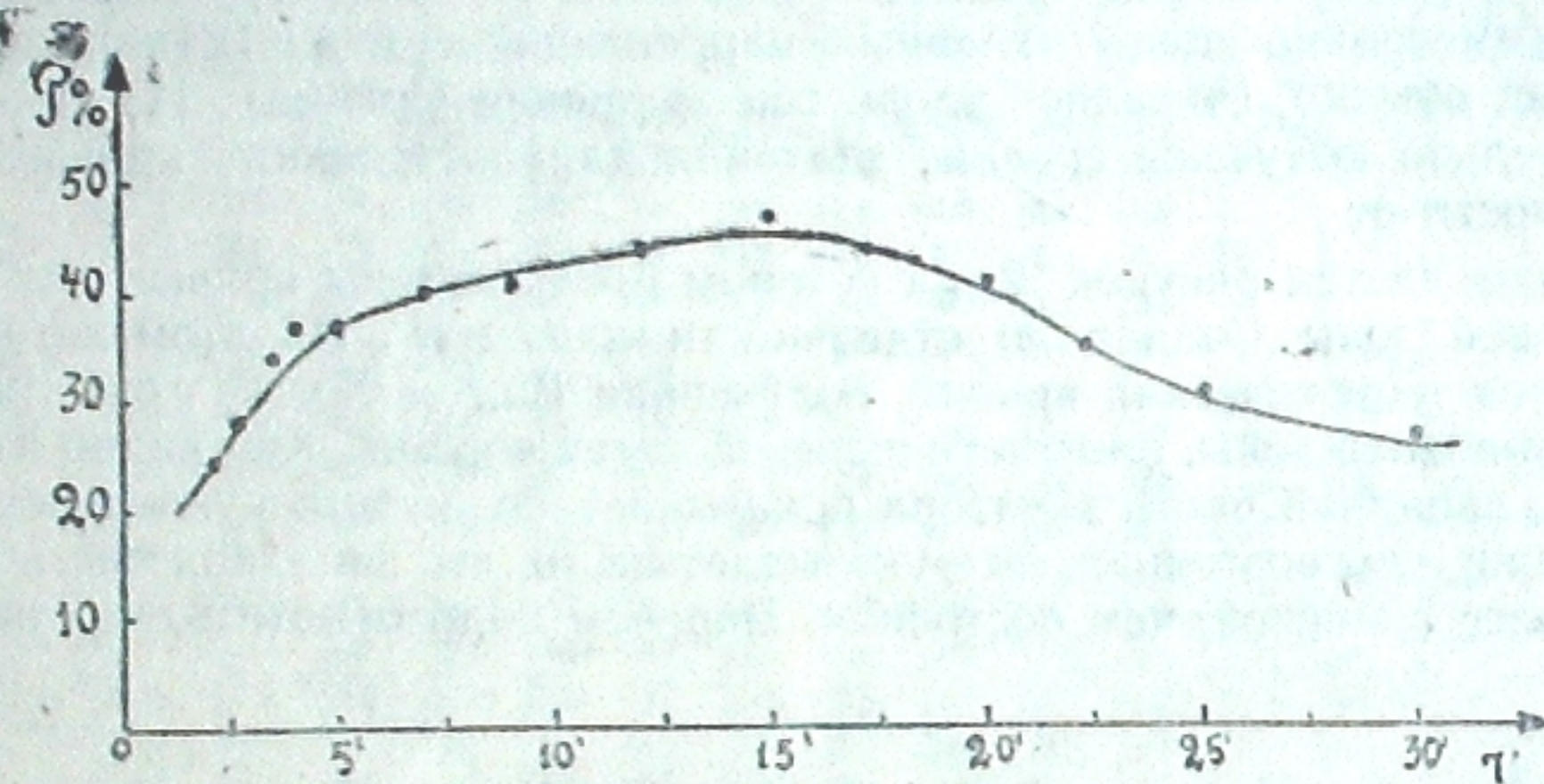


Рис. 3 ббб.

Позиционные углы, приведенные нами в таблице II, довольно точны. Действительно, измерив его для большого протуберанца 25 февраля 1952 года, мы получили 270° , по данным же Киевского циркуляра [14] он равен 271° .

Как было указано в вводной части этой работы, электронный газ довольно сильно перемешан с пылевой частью, и повидимому в большом луче электронный газ тоже вытянут, если судить по кривой, которая дается для этого луча на рис. 3.

Поскольку пылевую корону принимают строго сферической и окружающей Солнце с некоторого расстояния, то более подверженным изменениям надо считать электронный газ, который, то вытягивается, то сжимается. Повидимому, вытягивание электронного газа не особенно влияет на состояние пылевой части, поскольку пылевая корона принимается сферически симметричной.

¹ Позиционный угол мы считаем от круга склонения. Если есть надобность получить позиционный угол относительно оси вращения Солнца, то следует прибавить 20° к значениям позиционных углов в таблице II.

На рис. 4 даются кривые для полярных частей короны. Они построены подобно кривым для экваториальной части короны.

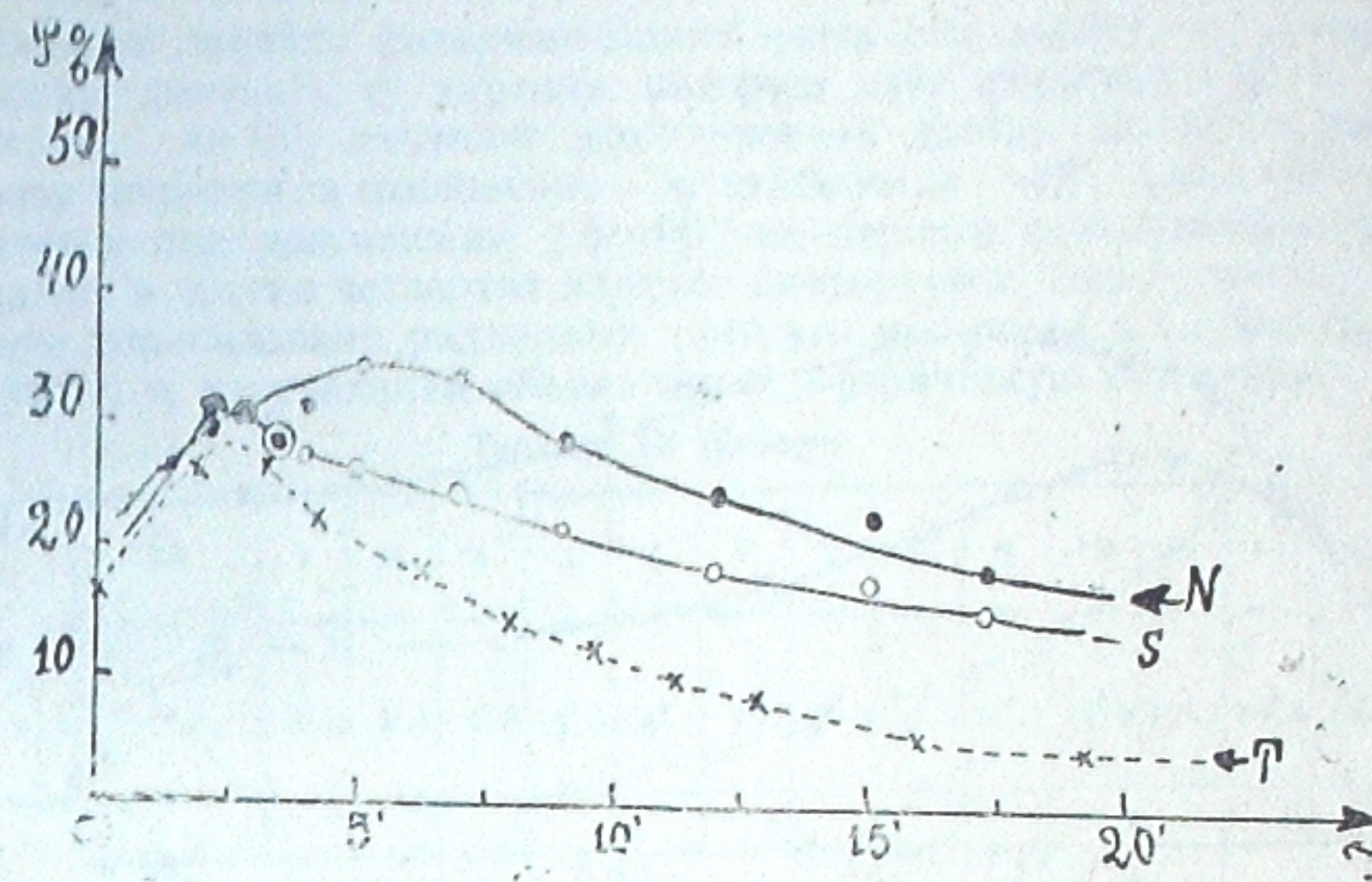


Рис. 4 ббб.

Как видно, кривые северной и южной частей короны также отличаются между собой, как кривые в случае экваториальной зоны. Однако, кривые в случае N и S не так разнятся, как в случае E и W . На этом рисунке дана также теоретическая кривая Ван-де Хулста [9] для полярных частей короны. Как видно, теоретическая кривая близка к наблюдаемой на близких расстояниях от края Солнца, тогда как, для далеких частей короны наблюдаемые значения намного больше теоретических. Указанное явление повидимому, объясняется, как указывает И. С. Шкловский [6], недостаточным учетом пылевой части короны, поскольку теоретические кривые Ван-де Хулста проходят ниже наблюдаемых данных также и других авторов.

Несмотря на то, что кривые экваториальной зоны E и W , а также кривые полярной зоны N и S различаются, мы осреднили их, и получили по одной кривой для полярной и экваториальной зон. Указанные кривые и соответствующие теоретические кривые даются нами на рисунке 5.

Из этого рисунка можно заключить, что кривая, соответствующая экваториальной зоне, почти совпадает с теоретической кривой, а кривая полярной части довольно сильно расходится с теоретической.

Теоретические кривые для экваториальной зоны у Ван-де Хулста [9] даются для двух случаев,—для максимума солнечной активности, и для минимума. Мы, на наших чертежах, приводим кривую Ван-де Хулста, относящуюся к минимуму солнечной активности, поскольку в 1952 году Солнце находилось довольно близко к минимуму активности.

Таким образом можно заключить, что наши данные о степени поляризации для экваториальной зоны короны довольно хорошо согласуются с теоретическими данными.

9. На основе полученного материала, как в предыдущей работе [3], так и в этом случае, мы определили направления плоскости поляриза-

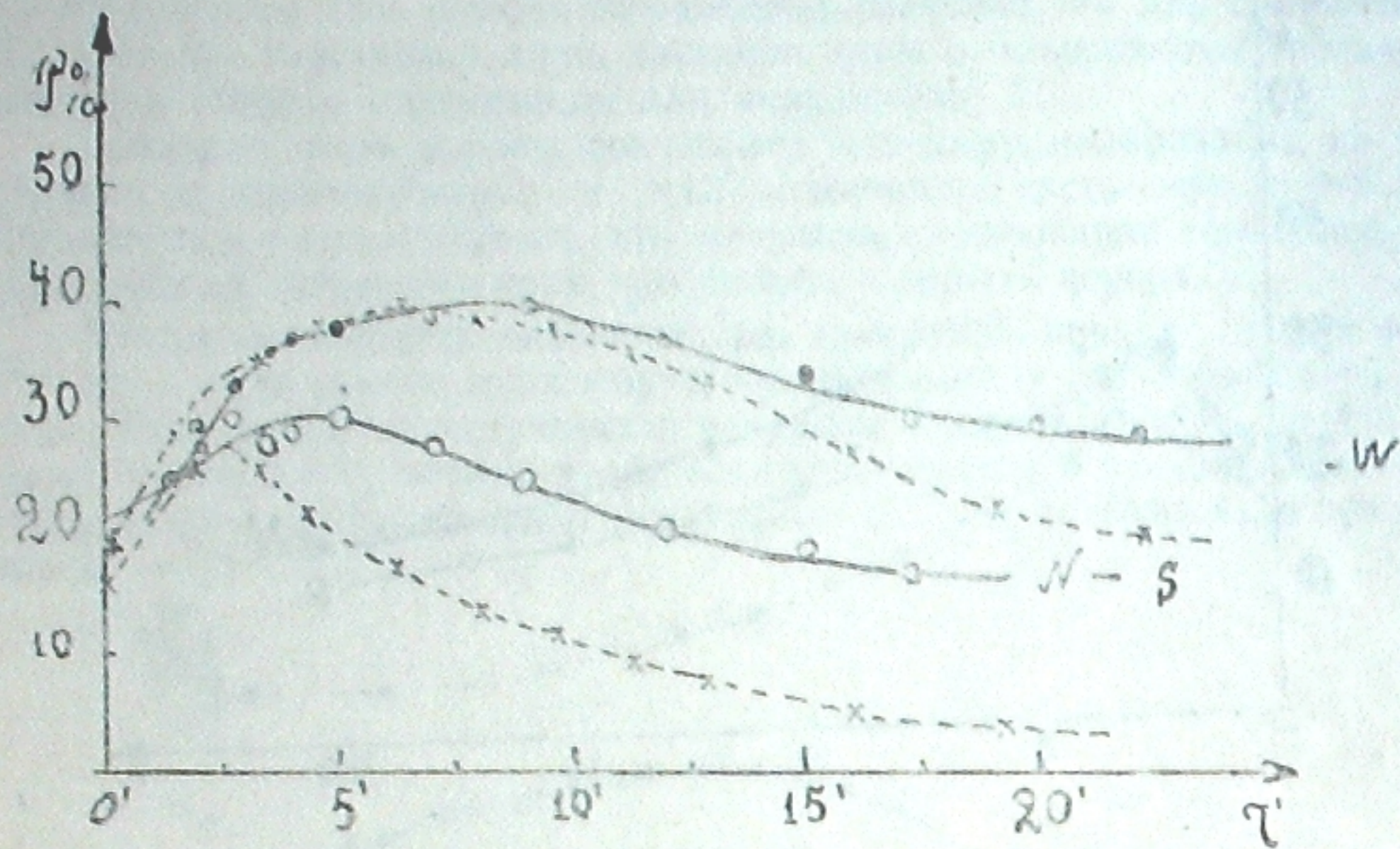


Рис. 5 ббб.

ции. Вычисления с этой целью проведены нами для тех же 36 радиусов, которые даются в таблице II. Результаты вычисления представлены в таблице III.

Как указывалось выше, для определения плоскости поляризации мы пользовались формулой (7). При выводе формулы (7), за α принимается, как было сказано, позиционный угол между плоскостью поляризации первого положения анализатора и плоскостью поляризации линейно поляризованного света. При окончательном определении плоскости поляризации на данном радиусе, необходимо учесть позиционный угол между этим радиусом и плоскостью поляризации анализатора при первом положении.

В таблице III знаки углов плоскости поляризации мы выбирали при помощи $\sin 2\alpha$ и $\cos 2\alpha$, приравнивая их:

$$\sin 2\alpha = \sqrt{3}(c-b), \quad \cos 2\alpha = 2a - b - c. \quad (8)$$

Отрицательный знак придается углу, когда он наклонен от данного радиуса в сторону движения часовой стрелки, а положительный — в противном случае. Мы имеем:

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \sqrt{3} \frac{c-b}{2a-b-c},$$

Как видно из формулы, α не может получать значения больше 45° . Это означает, что при изменении радиусов по позиционному кругу от 0° до 360° , максимальное отклонение будет иметь четыре максимума и четыре минимума. Поскольку в случае короны степень поляризации мы оцени-

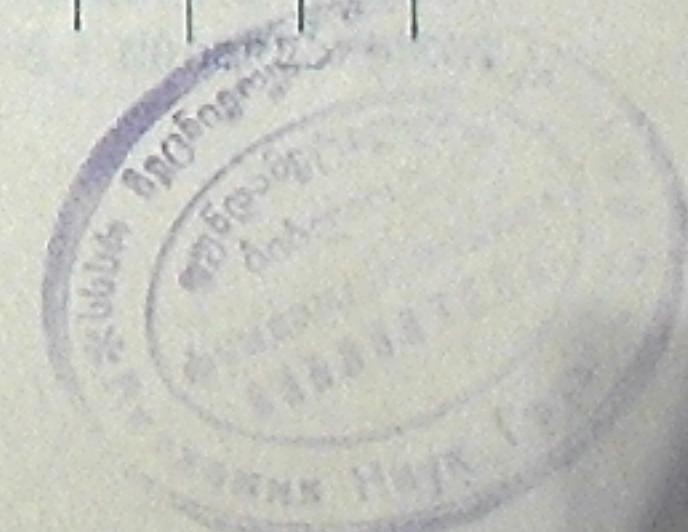
ваем по формуле $P = \frac{I_r - I_t}{I_r + I_t}$, где I_r радиальная, а I_t тангенциальная

составляющие линейно поляризованного света (см. выше), то, естественно, должны получить ту картину, которую дает формула (7), т. е. до достижения $\alpha = 45^\circ$, начинает доминировать другая составляющая и знак сразу меняется, а отклонение α становится -45° , затем этот угол уменьшается при достижении $\varphi = 90^\circ$, от первого положения анализатора; далее, в других четвертях картина повторяется. Это будет так, если излучение поляризовано радиально (как это мы имеем в случае солнечной короны) и излучающий объект имеет сферическую симметрию.

Таблица III ცხრილი

№	№	r'													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		φ													
		1'.4	2'.1	2'.8	3'.5	4'.1	5'.0	7'.0	9'.0	11'.7	15'.0	17'.2	20'.0	22'.0	25'.4
1. N	340°	+7°	-3°	-1°	-1°	+3°	-2°	+2°	+2°	+3°					
2.	350	-12	-2	+2	0	+1	-1	-1	+5	+6	+4°				
3.	0	-2	+10	+9	+5	+5	+2	+12	+2	+10	+10	+5°			
4.	10	-2	+3	+7	+4	+2	+7	+7	+5	+9	+4	+5			
5.	20	0	+9	+13	+9	+8	+10	+5	+5	+11	+23				
6.	30	+1	+3	+4	+3	+4	-1	+2	+1	-1	-1				
7.	40	+14	+9	+6	+6	+7	+9	+8	+5	+10	+3	+2	+7°	+5°	+2°
8.	50	-	+12	+10	+6	+8	+6	+4	+3	+3	+6	+2	+5	+5	+9
9.	60	-	-3	-4	+3	+2	+3	+3	+5	+5	+8	+9	+6	+5	
10. E	70	+6	+1	+1	-4	+4	0	+1	+2	+2	+7	+7			
11.	80	+6	-6	-7	+6	+4	+2	-2	+4	+2	+3				
12.	90	+2	+2	+2	+1	+2	0	+4	+5	+4	0	+6			
13.	100	-3	-6	-4	-3	+2	+1	+1	-2	+8					
14.	110	-3	-3	-1	+4	-1	+1	0	+1	+2	+18				
15.	120	-	-8	-5	-5	-2	-1	0	-4	-2					
16.	130	-1	-6	-7	-4	-8	-3	0	+1	+9	+6				
17.	140	0	-3	-2	0	-5	+2	+1	+5	+10	+13				
18.	150	-4	-1	-4	0	+2	+2	+1	+6	+10					
19. S	160	+3	-1	-1	0	+4	+2	-3	+2	-10					
20.	170	-13	-5	-2	-6	0	-10	-6	-5	+4					
21.	180	-2	-4	-4	-2	-2	-2	-8	-8						
22.	190	+5	0	+6	+2	0	0	0	-3	+1					
23.	200	-2	+2	+5	+2	+7	+4	+2	+2	0	+4	+2	-2		
24.	210	+4	+3	+3	-4	+3	+1	+1	0	0	+3	+2	0	-2	
25.	220	0	+3	+2	+3	+2	+1	+2	0	+2	+2	+8	-5	-8	
26.	230	+4	+1	-1	+6	+3	+3	+1	+4	+5	+3	-2	-6		
27.	240	+3	-2	0	-2	+1	+3	+4	+8	+4	+6	-2	-4	-1	
28. W	250	-	+7	+5	+4	+6	+3	+5	+5	+5	+5	+2	+1		
29.	260	+7	+7	+7	+6	+6	+2	+5	+5	+5	+5	+3	+7	+4	
30.	270	-1	+6	+1	+5	0	+4	+3	+4	+3	+7	+4	+8	+2	
31.	280	0	+4	-1	-3	0	-1	-1	+1	+1	-1	0	+11		
32.	290	0	0	0	0	-1	-1	-2	0	-2	+9	+9			
33.	300	+5	-8	-9	-9	-7	-6	-6	-5	+1	-8	0			
34.	310	0	-7	-7	-5	-7	-7	-7	-3	-2	-10				
35.	320	-6	-3	-2	-3	+3	-2	0	-6	+2					
36.	330	-	+6	0	+2	-1	+2	-1	+1	+3					

P-12709



В том случае, когда неизвестно приблизительное направление плоскости поляризации света, ее определение затруднено, поскольку для угла α получаются по формуле (7) два значения, так как $\operatorname{tg} 2\alpha = \operatorname{tg}(2\alpha + 180) = \operatorname{tg} 2(\alpha + 90)$, т. е. формулу (7) удовлетворяет как положение плоскости поляризации для угла α , так и для угла $(\alpha + 90)$.

Какое из этих взаимно перпендикулярных направлений соответствует действительному направлению плоскости частично поляризованного света, мы должны установить по величинам интенсивностей a , b и c входящих в формулу (7).

Данные таблицы III представлены в виде рис. 6, где нанесены направления плоскости поляризации для всех 36 радиусов. Однако, опущены столбцы № 1, 3, 4, 5 и 7 ввиду того, что они очень близко расположены к

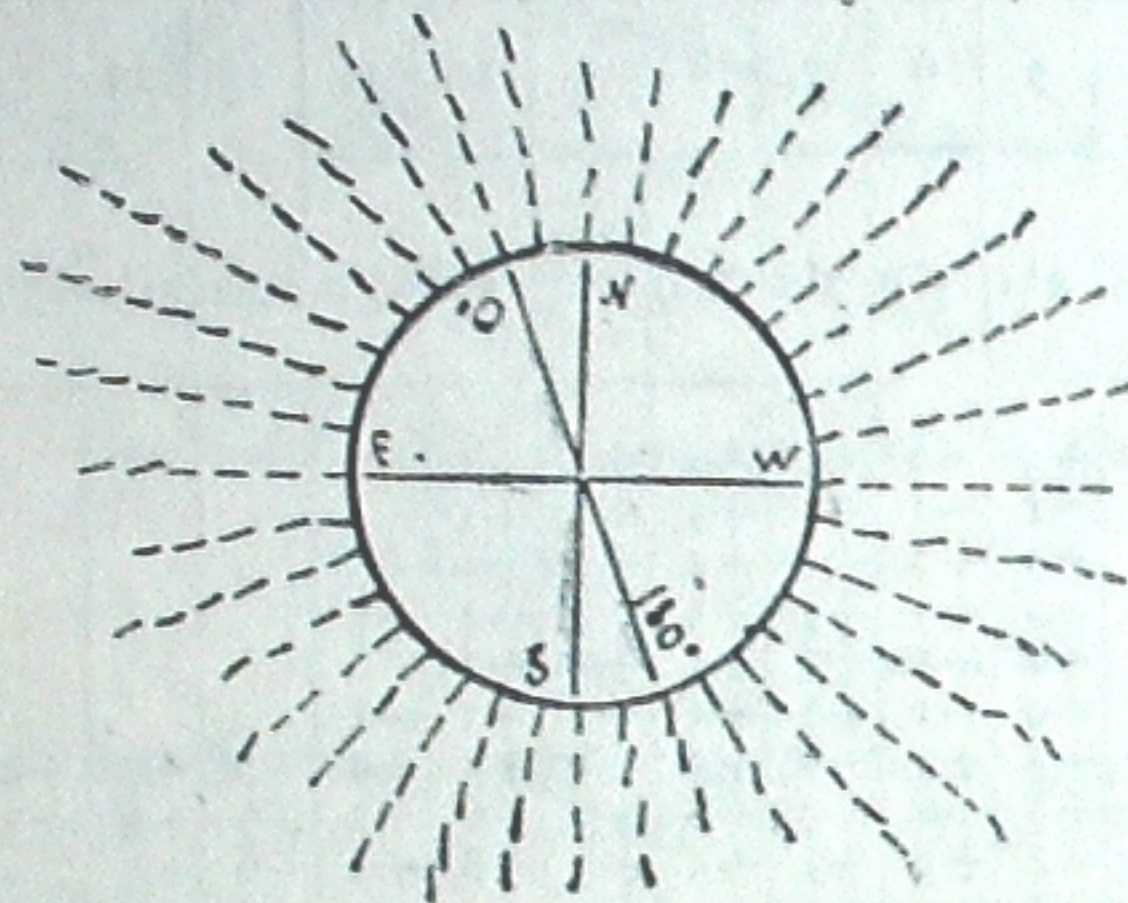


Рис. 6 ббб.

столбцам 2 и 6. Как из рисунка 6, так и из таблицы III видно, что излучение короны поляризовано радиально. Этого и следовало ожидать, поскольку степень и плоскость поляризации, определенные нами в этой работе, относятся к довольно широкому участку спектра.

Между тем, вращение плоскости поляризации в магнитном поле, когда в нем изотропное вещество становится

двойкопреломляющим (эффект Фарадея), о чем говорилось в моей работе [3], является селективным. В самом деле, в формуле Фарадея $\varphi = \rho l n$, постоянная Верди ρ зависит от длины волны: $\rho = k \cdot \lambda \frac{dn}{d\lambda}$, что указывает на селективное вращение плоскости поляризации в магнитном поле.

Таким образом, если мы хотим открыть вращение плоскости поляризации и оценить напряжение магнитного поля для корональных шлемов или лучей, мы должны наблюдать корону в очень узком участке спектра.

Подобное явление имеет место, в смысле вращения плоскости поляризации, в присутствии электрического поля.

Согласно сказанному, при следующих затмениях нет необходимости получать фотографии короны в трех положениях анализатора (подробнее см. ниже), если не изучается тонкая структура короны в широком участке спектра.

10. На основе наших наблюдений и наблюдений других авторов мы попытались связать расстояние максимума степени поляризации с солнечной активностью. Сама величина степени поляризации по видимому тоже связана с солнечной активностью, поскольку теоретические

кривые Ван-де Хулста [9] в максимуме и в минимуме солнечной активности отличаются в центральной части короны, по крайней мере, на десять процентов. Несмотря на то, что эта величина довольно ощутимая, обнаружение ее по наблюдениям разных авторов затруднено. Таким образом, попытка находить на основе этого какие либо закономерности заведомо обречена на неудачу, и поэтому мы не делали подобной попытки.

Нам представляется, что перемещение максимума поляризации от солнечного края является более ощутимой величиной, поскольку, как указывалось выше, это явление очень сильно связано с формой короны, а форма короны, со своей стороны, связана с солнечной активностью. Поэтому имеется определенный довод в пользу поисков связи между солнечной активностью и расстоянием от края Солнца максимума поляризации.

Таблица IV ცხრილი

№	Авторы ავტორები	Год наблюдения დღის დაკვირვების წელი	Фаза солнечной активности მზის აქტიულობის ფაზა	Максимальное значение степени поляризации для данного затмения, на данном расстоянии პოლარიზაციის ხარისხის მაქსიმუმი მნიშვნელობა მოცემული დაბნელებისათვის, მოცემულ მანძილზე
1	Аллен	1940	0.7	12'
2	Оман	1945	0.2	7
3	Фесенков	1914	0.6	13
4	Кон	1932	0.0	4*
5	"	1934	0.2	6.7
6	Юнг	1901	0.2	5
7	Хурагата	1943	0.15	8
8	Вашакидзе	1941	0.5	12
9	"	1945	0.2	6.5
10	"	1952	0.5	12
11	Дюфей, Груйе	1932	0.0	8

* Примеч. Значения Кона взяты как средние для разных фильтров

Чтобы обнаружить указанное явление мы составили таблицу IV. В ней указываются авторы результатов, расстояния максимумов¹ поляризации в минутах дуги, полученные по кривым тех же авторов, и фазы солнечной активности. Фазы солнечной активности мы получили на основе кривых, построенных Т. С. Размадзе [15]. Пользуясь данными этой таблицы, мы построили кривую рисунка 7.

Как видно, эта зависимость на самом деле определенно выявляется и нам представляется желательным как можно больше заполнить эту кривую новыми данными, которые могут быть получены при будущих затмениях.

Данные в таблице IV величины относятся к экваториальной части солнечной короны. Определенный интерес представляет построение такой же кривой и для полярной части короны, хотя в этом случае указанная связь должна проявляться менее заметным образом.

¹ Эти данные могут содержать некоторые ошибки, поскольку, с кривых трудно получить точные расстояния, однако эти ошибки едва ли могут повлиять на общие результаты.

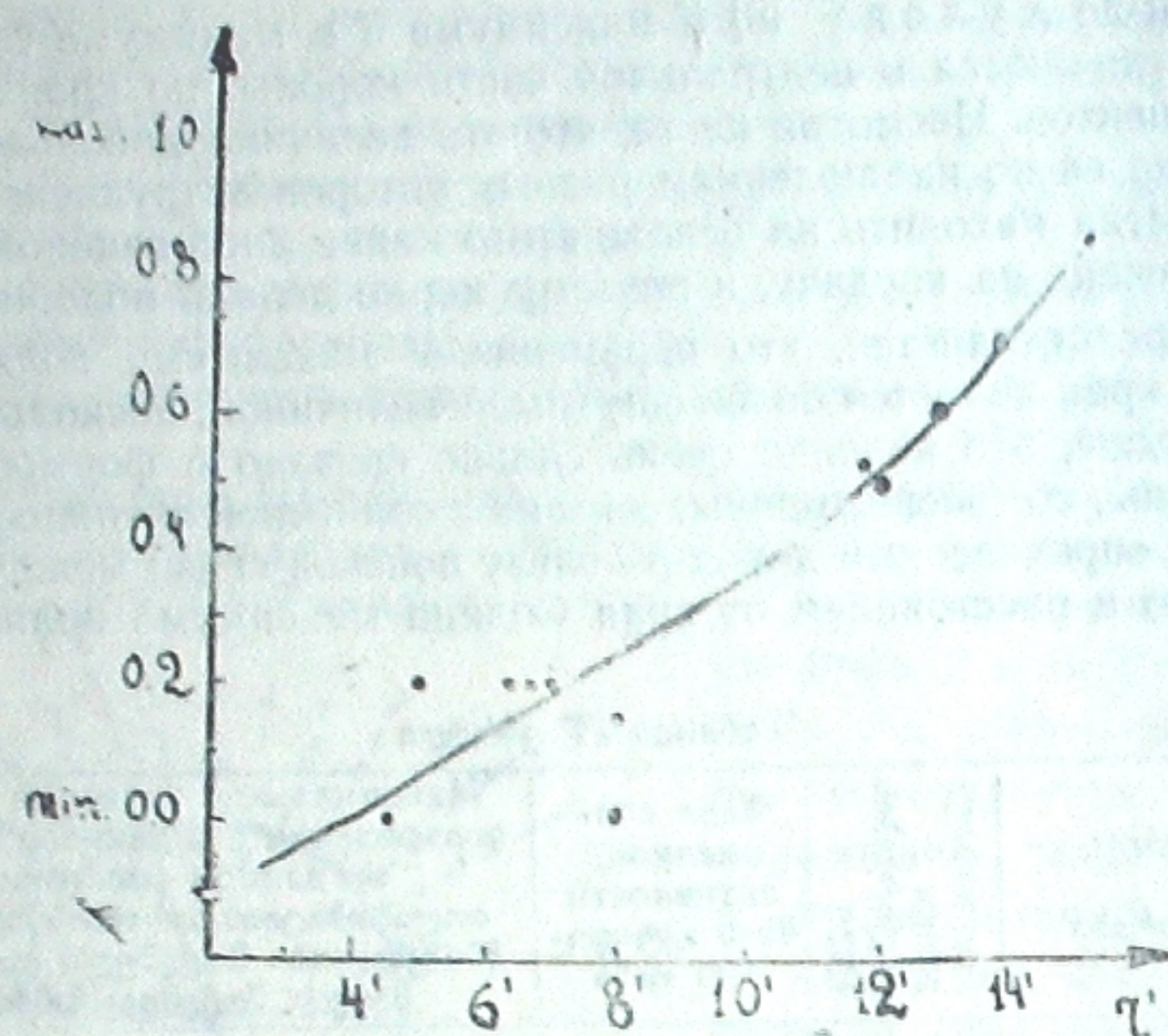


Рис. 7 ббб.

11. С целью увеличения точности определения степени и направления плоскости поляризации надо фотографировать корону не только в двух или трех положениях анализатора, а во многих положениях.

Выведем формулы для четырех положений анализатора, т. е. когда он поворачивается шагом $\Delta\varphi = 45^\circ$, или что то же — для случая четырехобъективной камеры, когда четыре поляроида расположены своими плоскостями поляризации через 45° по позиционному кругу.

Четыре положения анализатора схематично показаны на рис. 8.

Положения анализатора 1, 2, 3 и 4 мы обозначили соответственно через a, b, c и d . В формулах (4) и (5) через a, b, c мы обозначили интенсивности, которые получаются из измерений негативов, полученных при первом, втором и третьем положениях анализатора. Следовательно, одними и теми же знаками мы обозначили два понятия: положение и интенсивность.

Таким образом, формулы Малюса, для частично поляризованного света, для случая

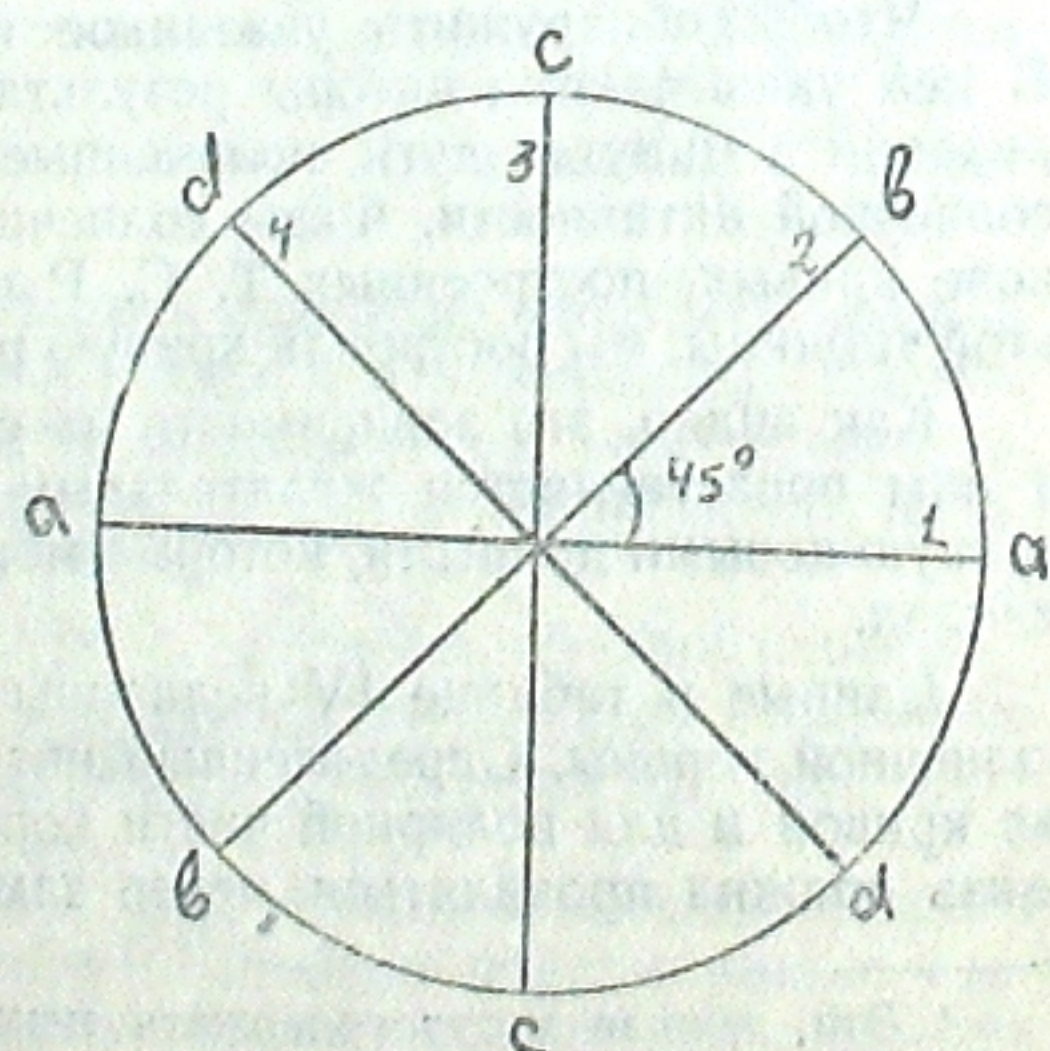


Рис. 8 ббб.

четырёх положений анализатора с шагом $\Delta\varphi = 45^\circ$, примут вид:

$$\left. \begin{aligned} 1. a &= k[I_r \cos^2\alpha + I_t \sin^2\alpha] \\ 2. b &= k[I_r \cos^2(\alpha + 45^\circ) + I_t \sin^2(\alpha + 45^\circ)] \\ 3. c &= k[I_r \sin^2\alpha + I_t \cos^2\alpha] \\ 4. d &= k[I_r \cos^2(\alpha + 135^\circ) + I_t \sin^2(\alpha + 135^\circ)] \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Решая эти четыре уравнения и пользуясь зависимостью (1), мы получим несколько уравнений для вычисления степени поляризации — (10) и для плоскости поляризации — (11):

$$P = \frac{\sqrt{(b-d)^2 + (2a-b-d)^2}}{b+d} = \frac{\sqrt{(a-c)^2 + (b-d)^2}}{a+c} = \frac{\sqrt{(a-c)^2 + (b-d)^2}}{b+d} \quad (10)$$

где $a+c = b+d$, $a-d = b-c$, $c-d = b-a$;

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{d-b}{2a-b-a} = \frac{d-b}{a-c} \quad (11)$$

Как следует из этих формул, в этом случае, степень и плоскость поляризации можно определять как из трех, так и из четырех негативов, что дает возможность контролировать одной формулой результат полученный по другой.

В случае фотографии короны для четырех положений анализатора можно воспользоваться формулой (4), которая пишется для двух положений анализатора при шаге $\Delta\varphi = 90^\circ$. Двум положениям анализатора при шаге $\Delta\varphi = 90^\circ$, в случае четырех положений анализатора, из формул (9) соответствуют 1—3 и 2—4. В таком случае получим еще две формулы, тождественные (4):

$$P_{1-3} = \frac{a-c}{a+c} \sec 2\alpha, \quad P_{2-4} = \frac{b-d}{b+d} \sec 2\alpha. \quad (12)$$

Впрочем, при пользовании формулами (12) в случае короны, приходится принимать заранее известные направления плоскости поляризации.

Когда снимки получаются для четырех положений анализатора, с двухобъективной камерой, с одинаковыми объективами и при шаге $\Delta\varphi = 45^\circ$, это тождественно получению снимков с помощью призмы Волластона, при вращении последней шагом $\Delta\varphi = 45^\circ$. Разница лишь в том, что два изображения получаются одновременно через отдельные объективы, а в случае призмы Волластона два снимка 1—3 или 2—4 получаются с одной призмой.

Ввиду этого, в случае получения негативного материала с помощью двухобъективной камеры, мы можем воспользоваться формулами, которыми пользуются, когда два изображения получаются во взаимно перпендикулярных плоскостях поляризации (как при использовании призмы Волластона).

Как известно, можно написать:

$$\Delta m = 2.5 \operatorname{tg} \frac{I_t}{I_r}, \quad P = \frac{I_t - I_r}{I_t + I_r} \quad (13)$$

где Δm разность яркостей двух изображений измеряемой точки в звездных величинах, P — степень поляризации, а I_r и I_t радиальная и тан-

генциальная составляющие поляризованного излучения. По формулам (13) получается приближенное соотношение между Δm и P :

$$\Delta m = 2.2P \quad \text{или} \quad P = \frac{\Delta m}{2.2} \quad (14)$$

Если для нашего случая четырех положений анализатора воспользоваться формулой (14) и написать ее для 1—3 и 2—4, а разность интенсивностей в звездных величинах обозначить через Δm_{1-3} и Δm_{2-4} , то будем иметь:

$$P_{1-3} = \frac{\Delta m_{1-3}}{2.2}, \quad P_{2-4} = \frac{\Delta m_{2-4}}{2.2} \quad (15)$$

Таким образом, последовательные фотографии короны для четырех положений анализатора с шагом $\Delta\varphi = 45^\circ$ дают возможность воспользоваться формулами (10), (12) и (15), что несомненно предоставляет очень много возможностей контроля полученных значений степеней поляризации для разных точек солнечной короны.

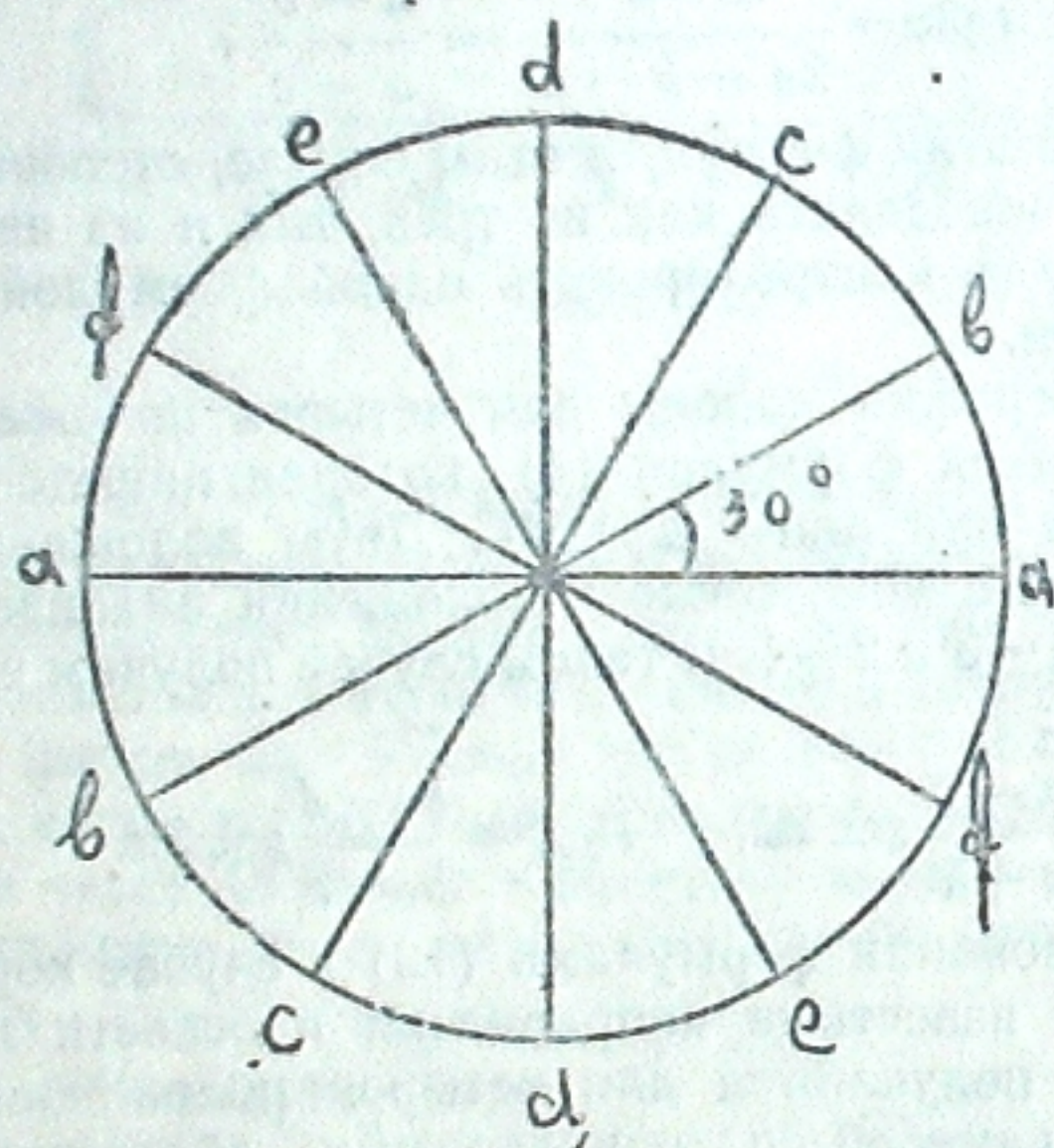


Рис. 9 ббб.

В случае фотографии короны для шести положений анализатора, шагом $\Delta\varphi = 30^\circ$ (см. рис. 9), получаются следующие формулы для степени и для плоскости поляризации:

$$P = \frac{\sqrt{(a-d)^2 + \frac{1}{3}(b-f)^2}}{a+d} = \frac{2\sqrt{(b-c)^2 + \frac{1}{3}(e-f)^2}}{b+c} = \frac{2\sqrt{(e-f)^2 + \frac{1}{3}(b-f)^2}}{c+f} \quad (16)$$

где $a+d = b+c = c+f$;

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{(f-b)}{(f-e)} = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{(e-c)}{(b-c)} = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{(f-b)}{(a-d)}$$

В случае короны нет необходимости пользоваться формулами (16), поскольку во время полной фазы трудно осуществить фотографирование короны в шести положениях анализатора. Между тем формулами (10) и (11) желательно пользоваться, поскольку четыре положения анализатора не намного увеличивают экспозицию по сравнению со случаем трех положений, но зато располагаем, как указано выше, контрольными формулами.

С двухобъективной камерой, которую мы намерены осуществить для наблюдения затмения 1954 года, легко будет получить негативы для четырех положений анализатора.

К этому добавим то, что формулы (10) и (11) для вычисления более удобны, чем (5) и (7).

З а к л ю ч е н и я. Надо еще раз констатировать, что нельзя рассматривать корону как сферическое симметричное образование, а следует изучать ее в отдельности по шлемам и по разным видам волокон.

Степень поляризации теснейшим образом связана с формой короны, и тем самым поляризация, а еще больше—ее максимум, непосредственно связаны с солнечной активностью.

Едва ли можно наблюдательным путем обнаружить разницу степени поляризации, которую предсказывает теория, в зависимости от длины волны, а если таковая имеется, желательно производить наблюдения как можно ближе к солнечному краю.

Свечение солнечной короны поляризовано радиально, как это показали на многих наблюдениях кроме нас и другие авторы. Ввиду этого нет необходимости фотографировать корону в трех положениях анализатора, если не изучаются с точки зрения поляризации отдельные детали или тонкая структура короны.

Связь хромосферных образований с ориентацией плоскости поляризации, на которую указывает Е. Я. Бугославская [16], нами не обнаружена; для ее обнаружения необходимо изучать поляризацию короны с помощью длиннофокусных инструментов с фокусным расстоянием порядка 2—3 метра.

С целью уточнения приводимой нами связи (в виде кривой) между солнечной активностью и расстоянием от солнечного края максимума степени поляризации, необходимо проводить дальнейшие наблюдения степени поляризации свечения солнечной короны.

Чтобы отсчеты гальванометра при измерении короны оставались в прямолинейной части характеристической кривой, необходимо фотографировать корону одновременно в нескольких положениях анализатора и получать как можно больше серий при разных экспозициях.

С целью изучения отдельных деталей короны поляризационными методами, необходимо применять длиннофокусные инструменты.

Целесообразнее фотографировать корону при четырех положениях анализатора, формулы для которых представлены в настоящей работе.

Как показал опыт, лучше применять марблитовые анализаторы, чем поляроиды.

Весьма целесообразно изготовить для ряда наших обсерваторий стандартные установки, предназначенные для поляризационных наблюдений солнечной короны.

В заключение выражаю благодарность участнику экспедиции старшему лаборанту при Кафедре астрономии Тбилисского государственного университета М. Г. Колхидашвили, ассистировавшему мне при наблюдении затмения.

Декабрь, 1952 г.

ЛИТЕРАТУРА — ლიტერატურა

1. Ohman J. Stokh. Ann. 15, № 2, 1947.
2. Dufay, Grouillet. J. Phys. 7, ser. 7, № 12, 481, 1936.
3. Вашакидзе М. А. Бюлл. Абаст. астрофиз. общ. № 7, 1, 1943.
4. Cohn W. H. Aph J 87, 284, 1938.
5. Парийский Н. Н. Усп. астр. наук, 2, 1939.
6. Шкловский И. С. Солнечная корона, 1951.
7. Grotian, ZfAph 8, 24, 1934.
8. Van de Hulst, Aph J 105, 471, 1947.
9. Van de Hulst. Bull. Astr. Netherl. 11, № 410, 135, 1950.
10. Greenstein S. L. Henney L. G. Aph J 93, 327, 1941.
11. Edlen, ZfAph 22, 30, 1942.
12. Фесенков В. Г., АЖ, 12, 309, 1935.
13. Вашакидзе М. А. Бюлл. Абаст. астрофиз. общ. № 8, 117, 1945.
14. Цирк. Киев. астр. общ. № 60, 1952.
15. Размадзе Т. С. Бюлл. Абаст. астрофиз. общ., № 16, 1954.
16. Бугославская Е. Я. Труды ГАИШ, 19, 1950.

მზის კორონის გამოსხივების პოლარიზაციის შესწავლა 1952 წლის 25 თებერვლის მზის სრული დაბნელების დაკვირვების საფუძველზე

მ. ვაშაკიძე

(რეზუმე)

აქ გადმოცემულია მზის კორონის პოლარიზაციის გამოკვლევა იმ მასალაზე დაყრდნობით, რომელიც მიღებული იყო მზის სრული დაბნელების დაკვირვებით 25 თებერვალს, 1952 წელს.

აბასთუმნის ასტროფიზიკურმა ობსერვატორიამ მოაწყო მზის სრული დაბნელების დასამზერი ექსპედიცია შემდეგი შემადგენლობით: მ. ა. ვაშაკიძე (ექსპედიციის უფროსი), შ. მ. ჩხაიძე, მ. ს. ზელცერი, მ. გ. კოლხიდაშვილი და ვ. ვ. ვიხროვი (მექანიკოსი).

ექსპედიციის ამოცანას შეადგენდა ძირითადად ორი თემა: მზის კორონის პოლარიზაციისა და მისი რადიომეტრიის შესწავლა.

ექსპედიცია ორად იქნა გაყოფილი. ერთი ჯგუფი რადიომეტრული დაზღვარით გაგზავნილი იქნა სირ-დარის სანაპიროზე ჩიილიში, ყაზახეთის სსრ-ში, ხოლო მეორე — პოლარიმეტრული დანადგარით — არჩმანში, თურქმენეთის სსრ-ში.

კორონის გამოსხივების პოლარიზაციის შესწავლა ამჟამად მეტად საინტერესო და აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს, მიუხედავად იმისა, რომ მას საკმაოდ დიდი ხნის ისტორია აქვს.

კორონის სხივის პოლარიზაცია შვარცშილდის მიერ ახსნილი იქნა როგორც სხივის გაბნევა თავისუფალ ელექტრონებზე. ელექტრონულ გაზს აქვს უნარი გაბნეული სხივის პოლარიზაცია მოახდინოს, როგორც გამოიკვავა, ელექტრონულ გაბნევისას პოლარიზაცია მაქსიმუმს გაბნევის კუთხის 90°-სათვის აღწევს.

ტომსონის ფორმულის თანახმად:

$$\sigma_e = \frac{8\pi}{3} \left(\frac{e^2}{mc^2} \right)^2 = 0.66 \cdot 10^{-24} \text{cm}^2$$

ელექტრონული გაბნევა ტალღის სიგრძეზე არ არის დამოკიდებული. აქედან ბუნებრივია დავასკვნათ, რომ პოლარიზაციის ხარისხი არ უნდა ამჟღავნებდეს ტალღის სიგრძეზე დამოკიდებულებას. მართლაც, როგორც დაკვირვებებმა აჩვენეს ([1], [2], [3]), პოლარიზაციის ხარისხი არ არის დამოკიდებული ტალღის სიგრძეზე.

მზის კორონის უკანასკნელმა დაკვირვებებმა ([7], [8], [9]) აჩვენეს, რომ კორონა ძირითადად ორი ნაწილისაგან შედგება: პირველი — ელექტრული K — კორონა, ანუ შიგა კორონა. მას ხშირად „ნამდვილ“ კორონას უწოდებენ. მეორე — F — კორონა ან კორონის მტვეროვანი შემადგენელი (მას ზოგჯერ „ყალბ“ კორონას უწოდებენ). გამოკვლევებმა აჩვენეს, რომ კორონის ეს ნაწილი ზოდიაქური ნათების გაგრძელებას წარმოადგენს.

პოლარიზაციის ხარისხის განსაზღვრა საშუალებას გვაძლევს უფრო მეტად დავაზუსტოთ K და F — შემადგენელ ნაწილთა პროპორცია. გარდა ამისა პოლარიზაციის ხარისხი საშუალებას გვაძლევს ვიმსჯელოთ სხვადასხვა კორონალურ წარმონაქმნების ფიზიკურ მახასიათებლებზე.

1952 წლის 25 თებერვლის მზის კორონის გამოსხივების პოლარიზაციის ხარისხის განსაზღვრისათვის ჩვენ მიერ გამოყენებული იქნა სამობიექტივიანი კამერა, რომელმაც საშუალება მოგვცა მოგვეხდინა კორონის ერთდროული სამი ფოტოგრაფირება ანალიზატორის სამი მდკომარეობისათვის. ეს კი შესაძლებელს ხდის დაბნელების სრული ფაზის ერთი მომენტისათვის, როგორც პოლარიზაციის ხარისხის, ისევე პოლარიზაციის სიბრტყის მდებარეობის განსაზღვრას. ამგვარად ჩვენ მიერ მიღებული იყო სულ ოთხი სერია ფირფიტებისა, ე. ი. კორონის 12 გამონასახი. ფირფიტების ოთხივე წყება სტანდარტიზებული იქნა, რათა საშუალება მოგვეცემოდა ცალ-ცალკე გაგვემკვლავებია თითოეული წყება, და გვექონოდა ურთიერთზე დამოუკიდებელი სერიები.

სულ გაზომილი იქნა თითოეული სერიისათვის ოცდათექვსმეტი რადიუსი. გაზომილი წერტილების საშუალებით გამოთვლილი იქნა პოლარიზაციის ხარისხი. შედეგების საბოლოო მნიშვნელობები გამოითვლებოდა როგორც ოთხი სერიის საშუალო არითმეტიკული.

პოლარიზაციის ხარისხის მნიშვნელობანი β რადიუსისათვის მოცემულია ცხრილში II, რის საფუძველზე აგებულია მრუდები (P, r), კორონის ეკვატორული და პოლარული არეებისათვის, ცალ-ცალკე (იხ. ნახ. 2 და 4). ამ ნახატებზე მოცემულია პოლარიზაციის თეორიული მნიშვნელობანი მრუდების სახით. ეს თეორიული მრუდები აღებული იქნა ვან დე ვალსტის შრომიდან [9].

როგორც მოყვანილი ნახატებიდან ჩანს, პოლარიზაციის ხარისხის დამზერადი მნიშვნელობა თითქმის ყოველთვის მეტია ვიდრე თეორიული; განსაკუთრებით ეს შეეხება შუა და გარე კორონას.

ნახ. 3-ზე მოცემული მრუდი ცალკე იქნა აგებული კორონის ერთ-ერთი ნათელი სხივისათვის, რომელმაც მეტი პოლარიზაციის ხარისხი აჩვენა.

როგორც წინა ჩვენი ნაშრომიდან [3], აგრეთვე ამ შრომიდანაც შეიძლება დასაბუთებულად ჩაითვალოს, რომ კორონის პოლარიზაციის ხარისხი დამოკიდებულია კორონის განფენილობაზე და სიკაშკაშეზე. თუ კორონის სხივები დიდზე არიან განფენილნი, პოლარიზაციის ხარისხის მაქსიმუმიც ასეთი სხივებისათვის მზის კიდედან უფრო შორს არის, და თანაც გამოსხივებაც მეტად პოლარიზებულია.

ამასვე მიუთითებს ის გარემოება, რომ კორონის ეკვატორული ზოლის გამოსხივება უფრო მეტად პოლარიზებულია, ვიდრე პოლუსისა, ეს კი გამოწვეულია იმით, რომ კორონის ეკვატორული ნათელი ზონა უმრავლეს შემთხვევაში (მზის აქტივობის მაქსიმუმის გარდა) უფრო მეტად განფენილია, ვიდრე პოლარული, ე. ი. უფრო კაშკაშაა.

იმავე რადიუსებისათვის ჩვენ განვსაზღვრეთ პოლარიზაციის სიბრტყის მდებარეობა. როგორც გამოიკვია, მზის კორონის ნათების პოლარიზაცია რადიალურია. ეს შედეგები ძალიან სარწმუნოდ უნდა მივიჩნიოთ, რამდენადაც III ცხრილში ძალიან იშვიათად შევხვდებით, რომ რადიალობიდან პოლარიზაციის სიბრტყის გადახრა აღწევდეს $\pm 1^\circ$ -ზე მეტს, რაც დაახლოებით პოლარიზაციის სიბრტყის განსაზღვრის შეცდომის ფარგლებში უნდა მდებარეობდეს. მზის ამოფრქვევების კავშირი პოლარიზაციის სიბრტყის გადახრასთან, რის არსებობაზე მიუთითებს ე. ბუგოსლავსკაია [16], ჩვენ ვერ შევნიშნეთ, ხოლო ასეთი კავშირის აღმოჩენისათვის უსათუოდ საჭიროა კორონის პოლარიმეტრული შესწავლა მოხდეს უფრო მეტად გრძელფოკუსიანი ობიექტივებით, ვიდრე ეს ჩვენ გაგვაჩნდა სამი მზის სრული დაბნელების დამზერისას.

ჩვენ ვაჩვენეთ, რომ მზის მაგნიტური და ელექტრული ველები არ შეიძლება იწვევდეს, ჩვენს შემთხვევაში, პოლარიზაციის სიბრტყის ბრუნვას, რამდენადაც ასეთი სახის ბრუნვა სინათლის ტალღის სიგრძეზე დამოკიდებული. ჩვენ მიერ შესწავლილი სპექტრის უბნები კი, როგორც წინა წლებში, ისევე 1952 წლის 25 თებერვლის დაკვირვებისას, ძალიან ფართოა.

შრომაში განხილულია საკითხი, თუ როგორ დამოკიდებულებაშია მზის თერამეტრულიანი აქტივობა პოლარიზაციის ხარისხის მაქსიმუმის დაცილებზე მზის კიდედან.

ასეთი დამოკიდებულება პირველად მიღებულია ჩვენ მიერ და იგი ნაჩვენები გვაქვს მრუდის სახით ნახ. 7-ზე. მისი შედგენისათვის გამოყენებული იქნა როგორც ჩვენი, ისე სხვადასხვა ავტორების მონაცემები კორონის ნათების პოლარიზაციის შესახებ.

შრომის დასასრულს ნაჩვენებია, რომ კორონის პოლარიზაციის ხარისხისა და სიბრტყის ერთდროული განსაზღვრისათვის, კორონის ფოტოგრაფირება ანალიზატორის სამი მდებარეობისათვის, რომელიც დღემდე გამოიყენებოდა ჩვენსა და სხვების მიერ, შეიძლება შეცვლილი იქნას კორონის ფოტოგრაფირებით ანალიზატორის ოთხი მდებარეობისათვის.

ეს მეთოდი იძლევა უფრო მარტივ ფორმულებს და თანაც გვაძლევს საშუალებას პოლარიზაციის ხარისხი განვსაზღვროთ სამ ან ოთხ ფირფიტაზე დაყრდნობით, რაც შეიძლება განხილული იქნას როგორც ურთიერთ კონტროლის საშუალება პოლარიზაციის ხარისხის განსაზღვრისა. როგორც ანალიზატორის ოთხი მდებარეობისათვის, აგრეთვე ანალიზატორის ექვსი მდებარეობისათვისაც არის ფორმულები გამოყვანილი.

მზის კორონის პოლარიზაციის შესწავლის განგრძობა მომავალი დაბნელებებისას მეტად მიზანშეწონილია, რათა დაზუსტებული იქნას შრომაში მოყვანილი მრუდები და დაგროვდეს მონაცემები სტატისტიკური სამუშაოებისათვის. მომავალ დაბნელებებზე მზის გვირგვინის ნათების პოლარიზაცია შესწავლილი უნდა იქნას უფრო გრძელფოკუსიანი ობიექტივებით, რათა მიღებული იქნას კორონის სხვადასხვა წარმონაქმნის პოლარიზაციული დახასიათება.

დეკემბერი, 1952 წ.