

Изслѣдованія по фотометріи неба. Часть I.

---

# Объ освѣщеніи планетъ

**Э. Шенберга**

Астронома наблюдателя Юрьевскаго Университета.

---

Researches in the photometry of the heavens. Part I.

---

# On the illumination of planets

by

**E. Schoenberg**

Astronomer of the University of Jourjeff (Dorpat).

---

**Юрьевъ.**

Типографія К. Маттисена.

1917.



## Предисловіе.

Свѣтила, принадлежащія къ нашей солнечной системѣ, съ древнѣйшихъ временъ ставили пытливой мысли человѣка глубочайшія и интереснѣйшія проблемы. До изобрѣтенія телескопа проблемы эти относились исключительно къ движению планетъ. Онѣ нашли геніальное разрѣшеніе въ трудахъ Коперника, Кеплера и Ньютона. Но этимъ кругъ вопросовъ, относящихся къ планетамъ, не исчерпанъ. Когда Галилей впервые направилъ на нихъ астрономический телескопъ, ему неожиданно открылся новый міръ, — міръ физической жизни планетъ. Намъ понятно то глубокое волненіе, высшее счастье мыслителя, которое имъ овладѣло, когда передъ его мысленнымъ взоромъ впервые возсталъ новый и широкій кругъ задачъ, не менѣе интересныхъ, чѣмъ задачи движения; задачи эти вотъ уже 300 лѣтъ занимаютъ астрономовъ, но еще весьма далеки отъ своего разрѣшенія.

Успѣхъ въ области вопросовъ, относящихся къ физической природѣ планетъ, существенно связанъ съ усовершенствованіемъ телескопа и тѣхъ добавочныхъ приборовъ, которые позволяютъ подвергнуть фокусное изображеніе планеты детальному микрометрическому, спектральному и фотометрическому изслѣдованию. Одно рассматриваніе черезъ окуляръ и зарисовываніе не можетъ поднять вопроса о физической природѣ планетъ изъ области догадокъ и гипотезъ въ область точного знанія. Гипотезы эти сравнимы съ остроумными теоріями древнихъ о строеніи солнечной системы, теоріями, основанными на гурбыхъ наблюденіяхъ движений; онѣ пали послѣ тонкихъ наблюдений Тихо де Браге, и кто знаетъ, не ожидаетъ ли такая же участь нынѣшняя гипотезы о физической жизни Марса, если мы будемъ въ состояніи подвергнуть всякую деталь его поверхности точному спектральному и фотометрическому изслѣдованию.

Въ настоящей работѣ сдѣлана первая попытка подвергнуть численному фотометрическому изслѣдованию распределеніе яркости на поверхностяхъ планетъ при помощи нового поверхностнаго фотометра, построенного по нашимъ указаніямъ механикомъ университета Б. А. Мессеромъ. Мы пользовались при этомъ тремя различными рефракторами: 8-мидюймовымъ рефракторомъ Цейсса съ апохроматическимъ объективомъ, 10-тидюймовымъ рефракторомъ Фрауэнгофера и 15-тидюймовымъ рефракторомъ Репсольда въ Пулковѣ.

Нашъ фотометръ оказался приборомъ высокой чувствительности, хорошо приспособленнымъ къ наблюденіямъ планетъ; онѣ позволяютъ измѣрять яркости весьма малыхъ площадокъ (до 1" въ діаметрѣ на рефракторѣ Репсольда), а также общія яркости планетъ въ сравненіи со звѣздами въ фокусе астрономической трубы.

Въ послѣдующихъ работахъ мы покажемъ его пригодность и высокую точность при наблюденіяхъ звѣздъ въ фокусѣ, позволившую намъ изслѣдовать перемѣнность блеска съ амплитудою меньшею 0.1 зв. вел. При помощи его намъ удалось изслѣдовать перемѣнность кольца Сатурна, теоретически обоснованную Эелигеромъ, но не доступную измѣренію другими приборами.

При обработкѣ наблюдений поверхностныхъ яркостей планетъ Венеры, Марса Юпитера и Сатурна, составляющей тему настоящей работы, мы ставили себѣ цѣлью найти функцию угловъ паденія свѣта (*i*) и отраженія (*e*), опредѣляющую распределеніе яркости на видимой поверхности планеты.

Яркость въ разныхъ точкахъ диска планеты, предполагая поверхность ея однородной, зависитъ отъ закона диффузного отраженія свѣта; форма этого закона не известна, но можетъ быть найдена изъ наблюдений относительной яркости разныхъ точекъ поверхности. Если планета окружена атмосферою, то послѣдняя видоизмѣняетъ этотъ законъ и выдѣленіе вліянія атмосферы представляетъ значительная

## IV

трудности. Поглощение света атмосферою определяется функцией  $e^{A \sec \epsilon}$ , где А коэффициент прозрачности, но помимо поглощения влияние на яркость видимых сквозь атмосферу частей поверхности оказывается и разсеянный в атмосфере<sup>1)</sup> светъ. Учитывать влияние этого фактора при отсутствии данных о составе планетных атмосфер пока не возможно. Судя по виду планетъ, атмосферы ихъ весьма различно поглощают и разсывают светъ. У Венеры, вероятно, солнечный светъ целикомъ поглощается и разсеивается въ толще окружающихъ ее облаковъ, у Марса атмосфера настолько прозрачна, что на поверхности планеты видны рѣзкія очертанія.

Не имѣя данныхъ относительно влияния разсеянія света, мы при обработкѣ нашихъ наблюдений въ основу теоріи положили функцию определяющую поглощеніе света  $e^{A \sec \epsilon}$  и опредѣляли коэффициент А при разныхъ гипотезахъ относительно вида закона диффузного отраженія, разумѣя подъ нимъ функцию, которая совмѣстно съ поглощеніемъ опредѣляетъ видимую яркость поверхности. Видъ этой функции для Венеры, Юпитера и Сатурна въ предѣлахъ угловъ отъ  $0^{\circ}$  до  $60^{\circ}$  оказался весьма близкимъ къ виду  $f(i\epsilon) = \cos \epsilon$ , т. е. планета при отсутствии поглощенія представлялась бы намъ равномѣрно яркою въ изслѣдованной области. При отсутствии атмосферы такой законъ диффузного отраженія для всѣхъ угловъ  $i$  и  $\epsilon$  очевидно не возможенъ. Онъ не одинаково хорошо согласуется съ наблюдениями разныхъ планетъ, а для Марса примѣнимость его даже въ указанныхъ предѣлахъ остается подъ сомнѣніемъ. Мы поэтому для численной характеристики яркости планетъ переходимъ къ новой функции  $(1 + \mu \cos i + \nu \cos 2i) (1 + \mu_1 \cos \epsilon + \nu_1 \cos 2\epsilon)$ , вводя такимъ образомъ новыя постоянныя, не предрѣшавшиихъ физического толкованія.

Оказалось, что распределеніе яркости на поверхностяхъ Сатурна и Юпитера опредѣляется однимъ постояннымъ  $\mu = \mu_1 = 2$ , у Венеры и Марса требуется большее число ихъ.

Впрочемъ, наблюдения Марса недостаточны для точнаго определенія названныхъ постоянныхъ и разрешеніе выступающихъ несогласій съ теоріей мы должны были отложить до новыхъ наблюдений. Эти послѣднія мы намѣрены выполнить новымъ электрическимъ микрофотометромъ, нами построеннымъ, и снабженнымъ свѣтофильтрами для изученія избирательного поглощенія. Новый приборъ позволитъ намъ въ значительной степени избѣжать систематическихъ ошибокъ наведеній, представляющихъ главный недостатокъ наблюдений оптическимъ фотометромъ.

---

Приводимъ содержаніе отдельныхъ главъ работы.

Глава I содержитъ описание оптическаго микрофотометра, снабженное чертежемъ въ масштабѣ 1 : 2. Указана литература и типы приборовъ, изъ которыхъ почерпнута идея нашей конструкціи.

§§ 4—8 содержатъ постоянныя фотометра.

Въ § 9 даются формулы для вычислениія влияния фона на измѣренія относительныхъ яркостей.

Глава II рассматриваетъ значеніе для науки, а также исторію вопроса о распределеніи яркости на поверхностяхъ планетъ.

Въ § 4 указывается путь изслѣдований при помощи поверхностныхъ микрофотометровъ.

Въ § 5 выдѣляется та часть этихъ изслѣдований, которымъ посвящена настоящая работа.

Въ § 6 рассматривается важный источникъ ошибокъ подобныхъ изслѣдований, влияние дифракціи света на изображенія планетъ.

Глава III содержитъ очеркъ теоріи освещенія планетъ.

Въ § 1 даются формулы для планомѣрного выдѣленія влияния поглощенія изъ наблюденныхъ поверхностныхъ яркостей и для определенія коэффициента прозрачности атмосферы.

Въ §§ 2—5 вводятся новыя постоянныя, опредѣляющія распределеніе яркости на поверхности планеты, независимо отъ того, имѣеть ли она атмосферу или не имѣеть.

Въ § 6 рассматривается тотъ частный случай, когда законъ отраженія близко выражается формулой  $f(i\epsilon) = \cos \epsilon$ , случай сыгравшій весьма важную роль при обработкѣ нашихъ наблюдений. Въ этомъ случаѣ постоянныя, опредѣляющія яркость на поверхности, получаютъ другое значеніе, чѣмъ въ предыдущемъ.

1) На влияніе разсвѣннаго света наше вниманіе обратилъ пашъ коллега Т. А. Банахевичъ.

Возможно, что при дальнѣйшихъ изслѣдованіяхъ формулы для этого частнаго случая окажутся удобопримѣнимыми для всѣхъ планетъ.

§§ 7 и 8 содержатъ выраженія для общаго количества отраженнаго планетою свѣта въ двухъ разсмотрѣнныхъ случаяхъ, а также формулы для исправленія постоянныхъ, выведенныхъ изъ относительныхъ яркостей, по отклоненіямъ наблюденной кривой фазы отъ теоретической.

Глава IV трактуетъ о вычисленіи угловъ паденія и отраженія свѣта по линейнымъ координатамъ изслѣдованныхъ точекъ поверхности.

Въ §§ 1—3 разсматривается случай планеты со значительнымъ сжатіемъ, каковы Юпитеръ и Сатурнъ, и даются всѣ необходимыя формулы, какъ общія, такъ и частныя для точекъ поверхности нами наблюденныхъ. При изслѣдованіяхъ подобного рода, обладающихъ сравнительно малою точностью, можно бы пренебрегать сжатіемъ планетъ при вычисленіи угловъ паденія и отраженія свѣта, и мы признаемъ, что при обработкѣ нашихъ наблюденій это было бы возможно безъ ущерба для точности результатовъ; но мы имѣемъ въ виду дальнѣйшія работы въ этой области, выполненные съ большими трубами и съ большею точностью и распространенные на точки болѣе близкія къ краю, въ которыхъ вліяніе сжатія значительнѣе, и поэтому нашли нужнымъ привести строгія формулы.

Въ § 4 даются соответствующія формулы для шара, которыя мы примѣняли въ случаѣ Марса и Венеры.

Главы V, VI, VII, VIII содержатъ обработку наблюденій Сатурна, Юпитера, Венеры и Марса съ примѣненіемъ изложенной теоріи освѣщенія.

Въ концѣ работы даются таблицы интеграловъ, необходимыхъ при вычисленіи кривой фазы для двухъ случаевъ, разобранныхъ въ теоріи. Далѣе слѣдуютъ полныя копіи журнала наблюденій. Подъ каждымъ наблюденіемъ приведены также вычисленныя относительныя яркости, при чмъ среднія, вошедшія въ дальнѣйшія вычисленія, напечатаны жирнымъ шрифтомъ.

Въ заключеніе считаю своимъ долгомъ выразить свою глубокую благодарность директору Юрьевской Обсерваторіи, профессору К. Д. Покровскому, за то содѣйствіе, которое онъ оказалъ моей работѣ, предоставляемъ мнѣ средства Обсерваторіи для пріобрѣтенія приборовъ и оплаты вычисленій. Ученикамъ моимъ, студентамъ К. Купфферу и Э. Свенсону, выполнившимъ совмѣстно со мною эти вычислениа, я сердечно благодаренъ за тщательность ихъ работы, первому также за чтеніе корректуръ; покойному директору Пулковской Обсерваторіи О. А. Баклунду и астроному Л. В. Окуличу — за предоставленіе мнѣ для наблюденій прекраснаго 15-тидюймового рефрактора.

## Оглавленіе.

	Стр.
Предисловіе . . . . .	III—V
Глава I. Оптический микрофотометръ . . . . .	1
" II. О распределении яркости на видимыхъ поверхностяхъ планетъ . . . . .	9
" III. Очеркъ общей теоріи освещенія планетъ . . . . .	19
" IV. О вычислениі угловъ паденія и отраженія свѣта . . . . .	30
" V. Сатурнъ . . . . .	36
" VI. Юпитеръ . . . . .	46
" VII. Венера . . . . .	55
" VIII. Марсъ . . . . .	63
Таблица I . . . . .	71
Таблица II. . . . .	75
Наблюденія . . . . .	III—XXVI

## Introduction and contents.

The celestial bodies belonging to our solar system have always from the earliest times afforded to the inquiring human mind the deepest and most interesting problems. Before the invention of the telescope these problems referred exclusively to the motion of the planets. They found their genial solution in the works of Kopernikus, Kepler and Newton. But therewith the range of problems dealing with planets was not exhausted.

When Galilei for the first time pointed a telescope at them, a new world was discovered, the world of the physical life of a planet.

We can easily comprehend his emotion, supreme delight for a thinker, when before his mind's eye there arose a new series of questions, no less interesting than the questions of motion; these questions have been occupying the astronomers now for 300 years, but are still far from being solved.

The progress in the questions relating to the physical nature of planets, is essentially connected with the perfection of the telescope and those supplementary apparatus, which enable us to submit the focal image of a planet to a detailed micrometrical, spectroscopical and photometrical investigation. The observation through an ocular alone can never raise the problem in question from the dominion of hypothesis and speculation into the sphere of exact knowledge.

We can compare these speculations with the ingenious theories of the Ancients on the structure of the solar system, theories built up on rough observations. They were bound to fall after the brilliant observations of Tycho de Brahe, and, who knows, whether the same fate is not awaiting our present views of the physical life of Mars after a minute and thorough investigation of its surface by spectroscopical and photometrical methods.

In the present work the first attempt has been made to submit the distribution of light on the visible disks of the planets to a numerical investigation by the help of a new surface photometer constructed according to our plans by the mechanician of the University Mr. B. Messer.

Our photometer proved an instrument of high accuracy and well adapted for observations of planets. It enabled us to measure the brightness of very small parts of a planet's disk (to 1" in diameter on the refractor of Repsold); and also their total brightnesses by comparison with stars outside the focus.

In our next paper we shall show its high accuracy in observations of stars outside the focus, accuracy which enables us to study variabilities with amplitudes below a 0.1 of a st. magn.

We succeeded in our observations of the variability of the rings of Saturn, which founded on theory, could be proved by no other instrument.

In the present study, dealing with the planets Venus, Mars, Jupiter and Saturn our aim was not to find the brightness of striking details for the purpose of computing their albedoes, but the general distribution of light at different distances from the centre in order to find the laws of the diminution of light as functions of the angles of incidence ( $i$ ) and reflection ( $\varepsilon$ ).

The brightness in different points of a planet's disk, provided the surface be homogeneous, depends on the law of diffuse reflection, the shape of which, as yet unknown, can be found from observations of the relative intensity of different points of the surface.

## VIII

In the case of the planet being surrounded by an atmosphere the latter alters this law, and the separating of the causes determining the brightness of the surface becomes very difficult. The extinction of the light in the atmosphere is determined by the function  $e^{-A\sec\epsilon}$ , where A is the coefficient of transparency, but besides of the extinction there exists also an influence of the diffused light in the atmosphere\*) on the brightness of the observed points. As nothing is known of the constitution of the atmospheres, we have no possibility of taking into account the influence in question. For this reason we took the function  $e^{-A\sec\epsilon}$  for extinction as basis of the theory, and computed the constants A with different hypotheses on the law of diffuse reflection. By this latter we understand therefore a function which together with the extinction determines the brightness of the surface. This function proved to be very nearly expressed by the formula  $f(i\epsilon) = \cos\epsilon$  for the planets Venus, Jupiter and Saturn and angles from  $0^\circ$  to  $60^\circ$ . These planets therefore in the mentioned limits would appear uniformly bright if the influence of extinction were removed.

If there were no atmosphere, this law, at any rate for all angles from  $0^\circ$  to  $90^\circ$ , would be impossible. It does not agree equally well with the observations of the different planets, and in the case of Mars its application even in the mentioned limits remains questionable.

We pass therefore to another function  $(1 + \mu \cos i + \nu \cos 2i)(1 + \mu_1 \cos \epsilon + \nu_1 \cos 2\epsilon)$ , introducing for the numerical characterization of the brightness new constants; these can be found from the observed relative intensities and must satisfy to the observed light curve of the planet.

It appeared that the surface brightness of Saturn and Jupiter is determined by one constant  $\mu = \mu_1 = 2$ ; in the case of Venus and Mars more constants were necessary to represent the observations. Moreover our observations of Mars are unsufficient for an exact determination of these constants and we must postpone the solution of the resulting discrepancies with the theory till new observations.

These observations we shall make with a new electrical microphotometer, which we have constructed and which is provided with light filters for the study of the selective absorption.

---

Chapter I contains the description of the optical microphotometer, provided with a drawing in the scale 1:2. The literature is mentioned with the types of the instruments which have suggested the idea of our construction.

§§ 4—8 contain the constants of the photometer.

§ 9 gives the formulae for computation of the influence of the background on the measured relative intensities.

Chapter II deals with the question of the distribution of light on the disks of planets, its scientific importance and its history.

In § 4 the development of further investigations with surface photometers is exposed.

§ 5 deals separately with that part of those investigations which forms the subject of the present work.

§ 6 treats of an important source of errors in such investigations, the influence of diffraction on the images of planets.

Chapter III contains the outline of a general theory of the illumination of planets.

In § 1 formulae are given for the systematical elimination of the influence on the observed intensities of the extinction of light in the atmosphere of a planet.

In the §§ 2—5 are introduced new constants determining the distribution of light on the surface of a planet, independent of the fact of the planet possessing an atmosphere or not.

In § 6 we consider the special case, when the reflection law is expressed by the formula  $f(i\epsilon) = \cos\epsilon$ , a case which is of great importance in our computations. In this case the constants determining the distribution of light receive a different meaning, to that in the former case. It is possible, that in further investigations these constants will appear generally applicable.

---

\*) To the influence of the diffused light our attention has been called by our colleague Mr. T. Banachiewicz.

§§ 7 and 8 contain the expressions for the total amount of the reflected light in both cases considered above; they contain besides a formula for the corrections of the constants, deduced from the relative intensities, by means of the deviations of the observed light curve of the planet from the theoretical one.

Chapter IV deals with the computation of the angles of incidence and reflection in the observed points of the surface.

In the §§ 1—3 we consider the case of a planet with great oblateness, as Jupiter and Saturn, and give all necessary formulae, the general ones as well as those especially applying to the observed points.

Researches of this kind being of a comparatively small exactness, one might neglect the oblateness entirely when computing the angles of incidence and reflection, and we admit that in calculating our observations this could have been done without diminishing the accuracy of the results. But we bear in mind more exact researches of this kind which might be executed with larger instruments and might refer to points nearer the edges in which the influence of the oblateness is greater; therefore we give here the exact formulae.

In § 4 the corresponding formulae are given for the sphere; these we applied in the case of Mars and Venus.

Chapters V, VI, VII and VIII contain the working up of the observations of Saturn, Jupiter, Venus and Mars with the application of the theory discussed above.

At the end of the work we give tables of integrals necessary for the computation of the light curve, for the two cases mentioned. Then follow exact copies of the journal of observations. Under every observation the computed relative intensities are printed, and those which are used in further computations are printed in thick-faced type.

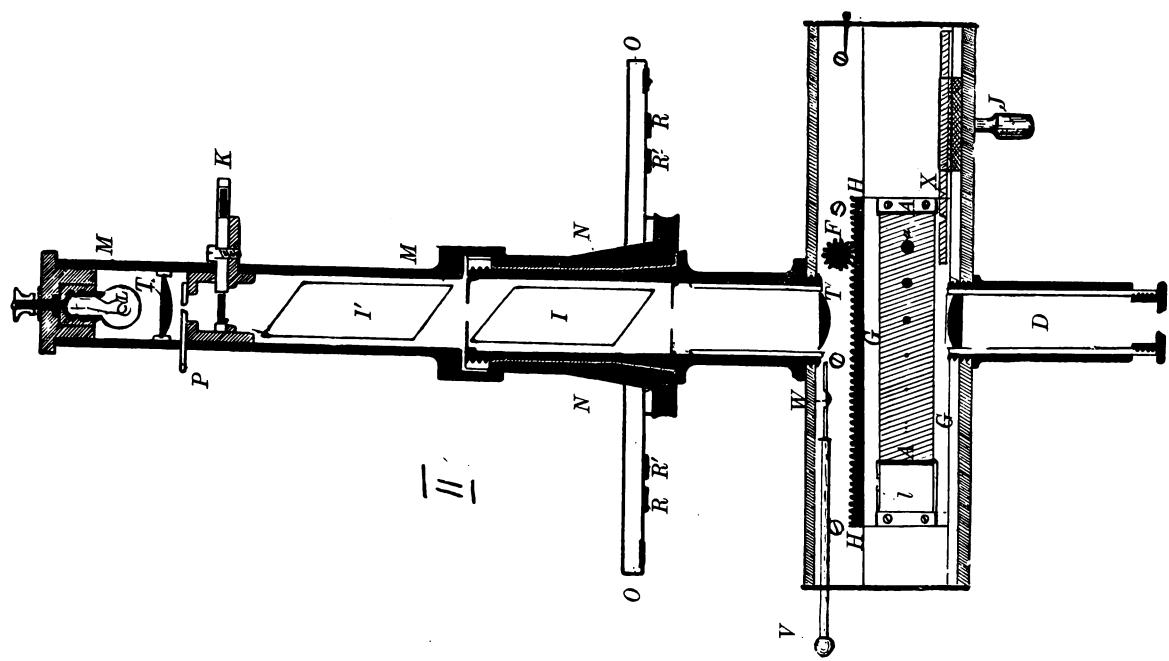
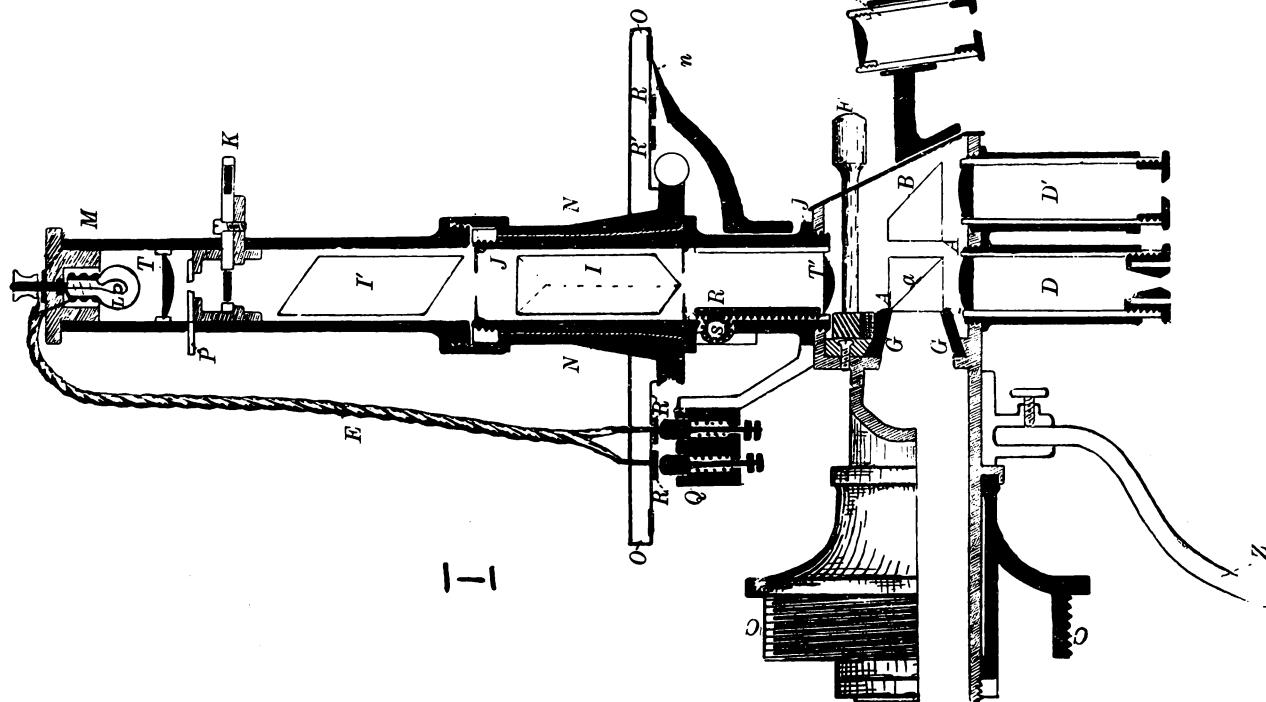
We wish to express our thanks to Professor K. Pokrowski, director of the Observatory of Jourieff, for his kind help in supplying us with the means for the instruments and other necessary expenses.

To my pupils, Mr. K. Kupffer and Mr. E. Svenson, students of the University, who have executed with me the computations, we have to express our hearty thanks for the accuracy of their work, and to the former again for the reading of the proofs.

We wish also to acknowledge the kindness of the late director of the Observatory of Pulkovo O. Backlund, and the astronomer Mr. L. Okoulitsh, who allowed us to make use of the excellent 15-inch refractor.



**Оптический микротометр.**



Масштабъ 1:2.

## I.

### Оптический микротометръ.

§ 1. Проф. В. К. Цераскій еще въ 1906-омъ году<sup>1)</sup> предложилъ приспособить фотометръ Цёлльнера для измѣренія поверхностныхъ яркостей. Онъ ставилъ въ фокусъ трубы на мѣсто плоскопараллельной пластинки зеркальце съ отверстиемъ, черезъ которое видна была часть фокального изображенія неба; остальная часть поля зре́нія закрывалась зеркаломъ, освѣщеннымъ свѣтомъ лампы фотометра. Измѣнная силу этого освѣщенія при помощи николей, можно было добиться одинаковой яркости искусственного освѣщенія и изслѣдуемой площади неба, видимой черезъ отверстіе. Такимъ приборомъ Цераскій сдѣлалъ нѣскольконо пробныхъ измѣреній яркости окрестности солнца, туманности Ориона, лунной поверхности и пр. Подобный приборъ, но съ клиномъ вмѣсто николей, позднѣе, въ 1910 г.<sup>2)</sup>, предлагалъ Гартманнъ и измѣрилъ имъ яркость разныхъ частей кометы Галлея. Естественно зеркальце замѣнить призмой Lummer-Brodhun'a, примѣняемой во многихъ фотометрахъ физиками, а также въ извѣстномъ микротометрѣ Гартманна.

Единичные измѣренія Цераскаго и Гартманна не дали представлениія о точности этого способа измѣренія поверхностныхъ яркостей и объ области примѣненія построенныхъ ими приборовъ.

Необходимость ввести въ астрономію приборъ, которымъ можно бы помѣрить яркость произвольной части фокального изображенія планеты, кометы, туманности и т. п. такъ очевидна, что нѣть основанія ее доказывать; многіе наблюдатели задумывались надъ его конструкцией. Въ зависимости отъ преслѣдуемой цѣли предлагаемые ими приборы были различны. Такъ, Фесенковъ для изученія яркости небеснаго фона и зодіакального свѣта построилъ оригинальный приборъ, пригодный повидимому только для измѣренія яркостей большихъ площадей<sup>3)</sup>.

Относительная оцѣнка разныхъ попытокъ въ этой непочатой области астрономіи пока преждевременна. Большинство фотометровъ, употребляемыхъ въ физикѣ, основано на сравненіи яркостей площадей, и не представляется труда примѣнить тотъ или иной принципъ къ измѣренію яркостей въ фокусной плоскости астрономической трубы.

Описываемый здѣсь оптический микротометръ былъ построенъ по моимъ указаніямъ механикомъ Юрьевской Обсерваторіи Б. А. Мессеромъ для цѣлей относительной

1) Astron. Nachrichten № 4106, 4164.

2) Astron. Nachrichten. № 4481.

3) Въ докторской его диссертациі: La lumière zodiacale. Paris. Gauthier Villars. 1914.

фотометріи поверхностей планетъ и туманностей. Достигнутые результаты оправдываютъ его конструкцію. Название микрофотометра дано ему по главной его задачѣ измѣрять яркости малыхъ площадокъ; идея микрофотометра Гартманна для измѣренія зачерненія пластинокъ, прибора сыгравшаго уже важную роль въ астрофотометріи, легла въ основу конструкціи нашего прибора, начатой еще въ 1910 году.

**§ 2.** На чертежѣ I-омъ инструментъ представленъ въ разрѣзѣ по оптической оси трубы; на чертежѣ II-омъ — въ разрѣзѣ перпендикулярномъ къ этой оси.

Въ фокусѣ трубы, къ которой весь приборъ привинчивается при помощи винта *C*, и около которой онъ свободно вращается, находится призма Lummer-Brodhun'a, на диагональной плоскости которой *AA* наклеено 5 малыхъ зеркалъ изъ тонкаго серебра, полированного съ обѣихъ сторонъ. Эти зеркала эллиптической формы съ отношеніемъ осей  $\sqrt{2}:1$ , такъ что въ окулярахъ *D* и *D'* они кажутся кругами. Въ окулярѣ *D* видна только отраженная отъ зеркала *a* часть поля зрѣнія объектива; вокругъ круга *a* виденъ свѣтъ отъ лампы фотометра *L*. Черезъ ломанный окуляръ *D'* съ призмою *B*, имѣющей большее фокусное разстояніе, видно все поле зрѣнія объектива съ изѣяніемъ въ мѣстѣ зеркала *a*, освѣщенаго свѣтомъ лампы. Оба окуляра такимъ образомъ могутъ служить для фотометрированія площадки *a*, наведенной смѣщеніемъ трубы на часть планеты, кометы или туманности. Во второмъ окуляре *D'* изѣяніе на планетѣ заполняется равнымъ по цвѣту и яркости свѣтомъ лампы, такъ что исчезаетъ для глаза; въ первомъ окуляре свѣтъ части планеты, отраженный отъ зеркала, приравнивается къ окружающему его свѣту лампы.

Призма Lummer-Brodhun'a смѣщается по высотѣ при помощи винта *F*, который двигаетъ всю оправу ея *GG*, хватая за зубцы кремольеры *H*. Такимъ образомъ въ центръ поля зрѣнія можно ввести любое изъ пяти зеркалъ *a*, при чёмъ остальные тогда находятся въ поляхъ зрѣнія.

Окраску свѣта электрической лампы *L*, постоянство которой контролируется миллиамперметромъ, можно менять двояко. Если свѣтъ небеснаго объекта желтѣе свѣта лампы при полномъ горѣніи, то при помощи реостата вводятъ малое сопротивленіе. Въ большинствѣ случаевъ лампа желтѣе небесныхъ тѣлъ; тогда желтые и красные лучи лампы можно въ произвольной степени ослабить, ставя вращеніемъ эксцентрично укрепленного диска *K* синія стекла различной густоты на пути лучей. Ослабленіе свѣта производится двояко: при помощи диска *P* съ различной величины диафрагмами и при помощи николей. Первый николь *I* неподвиженъ въ цилиндрѣ *J*, наглохо ввинченномъ въ коробку фотометра; второй *I'* вращается вмѣстѣ съ цилиндромъ *M*, скрѣпленной съ нимъ втулкой *N* и раздѣленнымъ кругомъ *O*.

Во избѣжаніе ослабленія контактовъ при вращеніи николя *I'* провода отъ аккумуляторовъ идутъ къ пружинному контакту *Q*, скрѣпленному съ коробкой фотометра; отсюда токъ идетъ по колышкамъ *R* и *R'*, изолированнымъ отъ круга *O*, къ проводу *E*, вращающемуся вмѣстѣ съ лампою *L* и кругомъ *O*.

Чтобы избѣжать неравномѣрности искусственного освѣщенія, примѣняется матовая электрическая лампа; при помощи короткофокусной линзы *T* свѣтъ лампы собирается въ параллельный, или почти параллельный пучекъ, проходящій затѣмъ диафрагму *P*. Пройдя николи, свѣтъ падаетъ на подвижную при помощи зубчатки *S* линзу *T'*. Послѣдняя даетъ изображеніе диафрагмы *P* за зеркаломъ *a*; такимъ образомъ въ окуляре *D*, фокусированномъ на зеркало *a*, видно вѣнцофокусное, равномѣрно яркое изображеніе диафрагмы *P*; это изображеніе смѣщеніемъ линзы *T'* можетъ быть притомъ измѣняемо въ размѣрахъ и яркости.

Мѣняя діафрагмы  $P$  и смѣщая линзу  $T'$ , можно измѣнять яркость лампы при неподвижныхъ николяхъ въ довольно широкихъ предѣлахъ. Конечно, передъ наблюдениемъ, послѣ того какъ цвѣтъ и подходящая сила свѣта подобраны, всѣ вспомогательные приборы, какъ реостатъ, дискъ  $K$ , діафрагмы  $P$  и линза  $T'$  закрѣпляются, и измѣреніе производится только вращеніемъ круга  $O$  съ николемъ  $I'$ , положеніе которого относительно неподвижнаго ноніуса  $n$  отсчитывается при помощи лупы  $U$ . Малая электрическая лампа, не изображенная на чертежѣ и скрѣплена съ коробкой фотометра, бросаетъ слабый пучекъ свѣта на дѣленія круга и ноніуса.

### § 3. Добавочныя приспособленія.

а) Вмѣсто призмы съ зеркалами  $a$ , нами выше описанной, въ ту же оправу можно вставить призму съ посеребренною діагональной плоскостью и малыми эллиптическими отверстіями въ серебрѣ. Тогда въ окулярѣ  $D$  видно все поле зрѣнія объектива съ изъянномъ на мѣстѣ отверстія; послѣднее освѣщается искусственнымъ свѣтомъ. Въ окулярѣ  $D'$  картина обратная. Черезъ отверстіе  $a$  видна часть неба, кругомъ его — освѣщеніе искусственное.

Большинство наблюденій планетъ, при которыхъ приходилось фотометрировать площадки, меньшія 0.1 миллиметра, сдѣлано именно съ такой призмой, ибо легче сдѣлать въ серебрѣ весьма малое отверстіе, чѣмъ равной величины зеркальце. Обѣ призмы работы Цейсса.

Обѣ системы призмъ имѣютъ одинъ недостатокъ. Какъ ни тонокъ слой серебра, все же толщина его достаточна, чтобы край его при паденіи на него свѣта подъ угломъ въ  $45^{\circ}$  давалъ одностороннюю тѣнь; помимо этого дифракція даетъ темное колечко вокругъ отверстія или зеркальца. Такимъ образомъ между искусственно освѣщеннымъ зеркальцемъ или отверстіемъ и окружающимъ его свѣтомъ планеты, при сильныхъ увеличеніяхъ окуляра и яркихъ объектахъ, видно тонкое темное колечко, и полнаго исчезновенія площиади на площиади нельзѧ наблюдать.

Для слабыхъ объектовъ это темное кольцо не замѣтно.

б) Описанный фотометръ вполнѣ пригоденъ для наблюденій звѣздъ. Достаточно вывести звѣзду изъ фокуса объектива и фотометрировать ее какъ площиадь.

Но помимо этого имѣется возможность обратить нашъ фотометръ въ фотометръ Цѣлльнера. Надъ призмой Lummer-Brodhun'a въ ея діагональной плоскости закрѣплена въ особой рамѣ прозрачная плоскопараллельная пластинка  $l$ , которая вращеніемъ винта  $F$  вводится въ поле зрѣнія окуляровъ. Вспомогательная короткофокусная линза  $W$ , вдигаемая при помощи стержня  $V$ , даетъ въ фокусѣ въ серединѣ пластинки  $l$  сильно уменьшенное изображеніе діафрагмы  $P$ , которое и служитъ искусственной звѣздой.

с) Фотометръ нашъ примѣнимъ и какъ спектрофотометръ. Для этого на окулярѣ  $D$  надѣвается окулярный спектроскопъ; кромѣ того при помощи винта  $J$  въ поле зрѣнія окуляра  $D$  вводится подвижная щель  $X$ , ширину которой можно произвольно мѣнять, вращая головку винта  $J$ . Тогда часть планеты или кометы, отраженная отъ зеркальца  $a$ , будетъ растянута въ спектръ, который можно сравнивать со спектромъ искусственного свѣта, проходящаго черезъ щель.

д) На окуляры надѣвается оправа для 5-ти свѣтофильтровъ работы Цейсса: краснаго, желтаго, зеленаго, синяго и фиолетового.

### Постоянныя фотометра.

#### § 4. Призмы.

Размѣры зеркальца призмы Lummer-Brodhun'a были измѣрены на измѣрительномъ приборѣ Репсольда. Для малыхъ осей эллипсовъ получены были слѣдующія значенія:

№ зеркала	Малая ось въ мм.	Въ секундахъ дуги	
		на рефр. Цейсса.	на рефракт. Фрауэнгоф.
I	0.136	7.8	6.6
II	0.403	23.1	19.2
III	0.763	43.7	36.3
IV	1.294	74.1	61.6
V	2.062	118.2	98.2

Такъ же были измѣрены малыя оси отверстій на діагональной плоскости другой призмы, при чёмъ наименьшія изъ нихъ, которыя и не могутъ служить для наблюденій поверхностныхъ яркостей, по малости своей не поддавались измѣренію.

№ отверстія	Малая ось въ мм.	Въ секундахъ дуги		
		рефр. Цейсса.	Фрауэнгоф.	Пулковск. 15-ти дюйм.
I	0.031	1.8	1.6	1.0
II	0.152	8.7	7.8	4.6
III	0.250	14.3	11.9	7.5
IV	1.053	60.3	50.2	31.6

### § 5. Діафрагмы.

Искусственный свѣтъ виденъ въ окулярахъ фотометра, какъ внѣфокусное изображеніе діафрагмъ. Изображенія эти значительно разнятся по яркости. Устанавливая трубу на яркую звѣзду или планету въ фокусе, мы изслѣдовали отношеніе поверхностной яркости искусственного свѣта при разныхъ діафрагмахъ. Обозначая діафрагмы номерами I до VIII въ порядкѣ возрастанія ихъ діаметровъ, мы имѣемъ, какъ среднія изъ 3-хъ вечеровъ наблюденій, слѣдующія отношенія яркостей въ звѣздныхъ величинахъ:

II : I	— 2.19	m.	VII : V	— 0.50
III : II	— 1.09		VII : VI	— 0.25
IV : III	— 0.98		VIII : VII	— 1.77
V : IV	— 0.57			
		Сумма		— 7.35

Итакъ, мѣня діафрагмы, можно измѣрять объекты, отличающіеся по яркости болѣе чѣмъ на 7 звѣздныхъ величинъ.

Полагаться на полное постоянство приведенныхъ чиселъ даже въ продолженіе одного вечера рисковано, такъ какъ малѣйшее смыщеніе діафрагмъ относительно лампы и запыленіе малыхъ отверстій можетъ чувствительно измѣнить яркость центральной части внѣфокуснаго ихъ изображенія. Поэтому мы никогда не пользовались діафрагмами, какъ средствомъ измѣренія яркостей, а выбравъ одну изъ нихъ соотвѣтственно объекту, не касались уже діафрагмъ во время измѣреній.

### § 6. Проверка закона Малюса.

Діафрагмы даютъ намъ прекрасное средство для проверки, слѣдуетъ ли яркость искусственного освѣщенія при вращеніи николя I закону Малюса.

Мы пользовались при этомъ діафрагмами IV и V, измѣряя при помощи николей отношеніе яркости даваемаго ими свѣта при различныхъ начальныхъ

отсчетахъ круга. Соответствующее изменение яркости звезды, на которую труба была направлена, достигалось смещениемъ фотометра на различные разстоянія отъ фокуса.

Въ среднемъ изъ 2-хъ до 4-хъ измѣреній мы получили слѣдующія значенія для отношенія яркостей:

Средній начальн. и конечн. отсчеты	Отнош. ярко- стей IV : V.	
72°—48° . . .	0.55	
63 — 44 . . .	0.55	
52 — 37 . . .	0.56	
49 — 36 . . .	0.54	
31 — 24 . . .	0.52	
16 — 12 . . .	0.56	
14 — 11 . . .	0.56	
13 — 10 . . .	0.57	

m.

Получающіяся разности  
лежать въ предѣлахъ  
ошибокъ наблюдений.

Мы поэтому можемъ заключить, что въ предѣлахъ отсчетовъ круга отъ 10° до 72° яркости въ фокусныхъ изображеній діафрагмъ при вращеніи николей слѣдуютъ закону Малюса, ибо по этому закону вычислены при различныхъ начальныхъ и конечныхъ отсчетахъ круга числа 2-го столбца нашей таблицы, а они вполнѣ подтверждаютъ постоянство отношенія яркостей.

### § 7. Миллиамперметръ.

Лампочка, дающая искусственное освещеніе была обыкновенная 4-хвольтовая, какою пользуются для карманныхъ фонарей. Въ послѣднее время въ такихъ фонаряхъ пользуются для достиженія большей яркости 3½ вольтовыми лампочками. Мы пользовались и тѣми и другими, послѣдними — при наблюденіяхъ особенно яркихъ объектовъ, какъ Венера, такъ какъ при пользованіи батареей изъ двухъ аккумуляторовъ онъ горѣли съ перекаливаніемъ особенно яркимъ бѣлымъ свѣтомъ. Постоянство яркости контролировалось миллиамперметромъ фирмы Hartmann и Braun съ дѣленіями отъ 0 до 50 на интервалѣ въ 0.5 ампера, такъ что 0.1 дѣленія соотвѣтствовала 0.001 ампера. Вообще за время одного сравненія двухъ объектовъ отсчеты амперметра не мѣнялись или же измѣнялись на 0.001, 0.002 ампера. Располагая наблюденія всегда симметрично, мы имѣли для средняго момента каждого объекта тождественные отсчеты.

Вводя сопротивленіе при помощи реостата и измѣряя николями ослабленіе свѣта, мы нашли, что

0.001 амперъ у 4-хвольтовой лампочки	соотвѣтствуетъ	0.022 зв. вел.
" " 3½ "	" "	0.027 зв. вел.

При помощи этихъ данныхъ легко ввести необходимую поправку, но намъ почти не приходилось примѣнять ихъ. Контроль лампочки амперметромъ безусловно необходимъ, такъ какъ при порчѣ контактовъ, перегораніи лампочки или исчерпаніи аккумуляторовъ яркость лампочки мѣняется быстро, и наблюденія надо прервать.

### § 8. Клинъ и его постоянныя.

Поляризационный аппаратъ, какъ измѣритель яркости искусственного свѣта, былъ приспособленъ къ фотометру только въ концѣ 1914 года. До этого времени, на его мѣстѣ былъ клинъ длиною въ 10 сант., шириной въ 1 сант. работы Цейсса съ интер-

валомъ яркости въ 7.5 зв. величинъ. Зеленая окраска клина побудила насть перейти на николи.

Этимъ клиномъ сдѣлано много измѣреній, вошедшихъ въ настоящій трудъ, поэтому мы приведемъ здѣсь его постоянныя.

Отсчеты шкалы клина производились съ точностью до 0.1 миллиметра, что соотвѣтствовало 0.008 зв. величины.

Для опредѣленія постоянной клина было произведено большое число наблюдений яркихъ звѣздъ въ разныхъ разстояніяхъ отъ фокуса, при чмъ эти разстоянія отъ фокуса отсчитывались, и такимъ образомъ имѣлись точные значения измѣренныхъ интерваловъ яркости.

Кромѣ этого способа измѣрялись также яркости разныхъ звѣздъ въ томъ же разстояніи отъ фокуса, при чмъ отношенія яркостей ихъ брались изъ каталоговъ. Способъ этотъ значительно менѣе точенъ, ибо кромѣ ошибокъ каталогныхъ яркостей въ результаты входили еще ошибки, происходящія отъ разнаго цвѣта ихъ.

По первому способу изъ 5-ти вечеровъ наблюдений Марса,  $\alpha$  Lyrae и  $\alpha$  Ursae minoris получено въ среднемъ:

$$1^{\text{мм.}} \text{ клина} = 0.07579 \pm 0.00022.$$

По второму способу изъ 7 различныхъ паръ звѣздъ, наблюденныхъ въ различные вечера зимою 1913 и весною 1914 года получено въ среднемъ:

$$1^{\text{мм.}} \text{ клина} = 0.07695 \pm 0.00158.$$

Второму числу данъ вѣсъ  $\frac{1}{4}$  и какъ постоянная клина принято было:

$$1^{\text{мм.}} = 0.07602.$$

Отсчеты клина однако шли не пропорціонально звѣзднымъ величинамъ. Отклоненія отъ пропорціональности были тщательно изслѣдованы путемъ подобнымъ тому, какимъ изслѣдуются поступательныя ошибки винтовъ и шкалъ.

Инструментъ наводился на Полярную звѣзду и измѣрялась клиномъ яркость ея вѣтровокусного изображенія въ двухъ, всегда одинаковыхъ, разстояніяхъ отъ фокуса послѣдовательно разными частями клина. Притомъ перемѣнной діафрагмы или иначе ослабляя свѣтъ лампы помимо клина, мы достигали того, что 2-ой отсчетъ первого измѣренія совпадалъ съ 1-ымъ отсчетомъ второго, 2-ой отсчетъ второго измѣренія съ 1-ымъ отсчетомъ третьяго, и т. д.

Такія же измѣренія были потомъ произведены въ лабораторіи на оптической скамьѣ, гдѣ постоянный интервалъ яркости, измѣряемый разными частями клина, достигался смыщеніемъ источника свѣта на скамьѣ на одно и то же разстояніе. Послѣднія измѣренія были произведены дважды мною, и разъ студентомъ К. В. Купфферомъ. Принимая за 0 поправки отсчетовъ  $3.5^{\text{мм.}}$  и  $85.0^{\text{мм.}}$ , мы получили 4 кривыя поправокъ промежуточныхъ отсчетовъ клина, по одной изъ каждого ряда наблюдений. Эти кривыя потомъ были соединены въ одну среднюю, съ которой взяты слѣдующія окончательные поправки, точные примѣрно до 0,05 миллиметра.

**Поправка отсчетовъ клина въ звѣздныхъ величинахъ.**

Отсчетъ мм.	Поправка м.	Отсчетъ мм.	Поправка м.	Отсчетъ мм.	Поправка м.	Отсчетъ мм.	Поправка м.
0.0	+ 0.24	22.0	- 1.55	44.0	- 2.47	66.0	- 1.90
1.0	+ 0.21	23.0	- 1.61	45.0	- 2.47	67.0	- 1.84
2.0	+ 0.18	24.0	- 1.67	46.0	- 2.47	68.0	- 1.78
3.0	+ 0.06	25.0	- 1.72	47.0	- 2.45	69.0	- 1.71
4.0	- 0.07	26.0	- 1.77	48.0	- 2.44	70.0	- 1.65
5.0	- 0.18	27.0	- 1.82	49.0	- 2.42	71.0	- 1.57
6.0	-- 0.29	28.0	- 1.87	50.0	- 2.39	72.0	- 1.48
7.0	- 0.40	29.0	- 1.92	51.0	- 2.36	73.0	- 1.38
8.0	- 0.50	30.0	-- 1.96	52.0	- 2.33	74.0	- 1.29
9.0	- 0.59	31.0	- 2.00	53.0	- 2.30	75.0	- 1.19
10.0	- 0.63	32.0	- 2.05	54.0	- 2.26	76.0	- 1.09
11.0	- 0.76	33.0	- 2.09	55.0	- 2.23	77.0	- 0.98
12.0	- 0.85	34.0	- 2.14	56.0	- 2.20	78.0	- 0.88
13.0	- 0.93	35.0	- 2.19	57.0	- 2.17	79.0	- 0.77
14.0	- 1.00	36.0	- 2.24	58.0	- 2.14	80.0	- 0.66
15.0	- 1.08	37.0	- 2.29	59.0	- 2.12	81.0	- 0.54
16.0	- 1.15	38.0	- 2.33	60.0	- 2.10	82.0	- 0.43
17.0	- 1.22	39.0	- 2.36	61.0	- 2.07	83.0	- 0.29
18.0	- 1.29	40.0	- 2.40	62.0	- 2.05	84.0	- 0.15
19.0	- 1.36	41.0	- 2.42	63.0	- 2.03	85.0	+ 0.00
20.0	-- 1.43	42.0	- 2.45	64.0	- 2.00	86.0	+ 0.16
21.0	- 1.49	43.0	- 2.46	65.0	- 1.95		

**О вліянні фона на измѣренія поверхностныхъ яркостей.**

**§ 9.** Въ описанномъ нами фотометрѣ къ свѣту небеснаго тѣла прибавляется свѣть фона, на которомъ виденъ объекѣтъ въ трубѣ, въ то время какъ на искусственное освѣщеніе зеркалъ фонъ этотъ не дѣйствуетъ.

Яркость фона, видимаго въ трубѣ, различна отъ яркости фона небеснаго, видимаго простымъ глазомъ; разсѣянный въ трубѣ оптическими частями инструмента свѣть яркихъ небесныхъ объекѣтовъ составляетъ значительную часть видимаго въ трубѣ фона. Измѣренныя относительныя яркости нуждаются въ поправкѣ, которую легко вычислить, если яркость фона измѣрена вблизи объекта. Обозначимъ черезъ

$J_0$  яркость виѣю фокуснаго изображенія звѣзды, зв. величины 0 на темномъ фонѣ,

$J_1$  " " " " "  $m_1$  " " "

$J$  " " " " "  $m$  " " "

$\kappa_1$  яркость фона вблизи звѣзды  $m_1$ ;  $f_1$  его звѣздную величину;

$\kappa$  " " " " "  $m$ ;  $f$  " " " " ;

$\mu_1$  и  $\mu$  поправки  $m_1$  и  $m$  за вліяніе фона.

$$N = 2.512 = \text{num} \log 0.4.$$

Тогда

$$\begin{array}{l|l|l} J + \kappa = J_0 N^{-m-\mu} & J = J_0 N^{-m} & \kappa = J_0 N^{-f} \\ J_1 + \kappa_1 = J_0 N^{-m_1-\mu_1} & J_1 = J_0 N^{-m_1} & \kappa_1 = J_0 N^{-f_1} \end{array}$$

откуда слѣдуетъ

$$\begin{aligned} J_1 &= J_0 \left( N^{-m_1 - \mu_1} - N^{-f_1} \right) \quad \text{и} \quad N^{m-m_1} = N^{f-f_1} \frac{N^{-(m_1 + \mu_1 - f_1)} - 1}{N^{-(m+\mu-f)} - 1} \\ J &= J_0 \left( N^{-m-\mu} - N^{-f} \right) \end{aligned}$$

$$(m - m_1) 0.4 = \log \left[ N^{-(m_1 + \mu_1 - f_1)} - 1 \right] - \log \left[ N^{-(m+\mu-f)} - 1 \right] + 0.4(f - f_1) \quad (1)$$

Если обозначимъ отсчеты круга при измѣреніи звѣздъ  $m$  и  $m_1$  черезъ  $\alpha$  и  $\alpha_1$ , а при измѣреніи фона вблизи нихъ черезъ  $\beta$  и  $\beta_1$ , то

$$\begin{aligned} -(m_1 + \mu_1 - f_1) 0.4 &= \log \frac{\sin^2 \alpha_1}{\sin^2 \beta_1} \\ -(m + \mu - f) 0.4 &= \log \frac{\sin^2 \alpha}{\sin^2 \beta} \\ -(f - f_1) 0.4 &= \log \frac{\sin \beta}{\sin \beta_1} \end{aligned}$$

Подставляя эти формулы въ формулу I), мы приведемъ ее къ виду весьма удобному для вычислений:

$$(m - m_1) 0.4 = \log \left[ \text{num} \left( 2 \log \frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} \right) - 1 \right] - \log \left[ \text{num} \left( 2 \log \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \right) - 1 \right] - 2 \log \frac{\sin \beta}{\sin \beta_1} \quad (\text{A})$$

Если фонъ одинаковъ у обѣихъ звѣздъ, то послѣдній членъ пропадаетъ, и мы имѣемъ

$$(m - m_1) 0.4 = \log \left[ \text{num} \left( 2 \log \frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta} \right) - 1 \right] - \log \left[ \text{num} \left( 2 \log \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \right) - 1 \right] \quad (\text{A}^*)$$

Послѣднюю формулу мы примѣняли также при всѣхъ редукціяхъ наблюдений планетъ, въ которыхъ фонъ вообще былъ замѣтенъ, что фактически имѣло мѣсто только вблизи полной луны и въ бѣлую ночи. Очевидно фонъ можно было считать одинаковымъ въ двухъ близкихъ точкахъ диска планеты, яркость которыхъ сравнивалась, и равнымъ по яркости фону, измѣренному вблизи планеты.

## II.

# О распределении яркости на видимыхъ поверхностяхъ планетъ.

### § 1. Значеніе вопроса.

Изученіе вопроса о распределеніи яркости на видимыхъ поверхностяхъ планетъ имѣть для астрофизики большой интересъ. Оно позволитъ намъ пополнить наши скучныя знанія о природѣ планетъ новыми физическими данными, каковы: коэффициенты прозрачности планетныхъ атмосферъ, законы диффузного отраженія и альбено ихъ поверхностей. Изученіе альбено и законовъ диффузного отраженія представляетъ сейчасъ единственный научный методъ для решения вопросовъ о составѣ отражающихъ солнечный свѣтъ поверхностей планетъ и можетъ дать много интересныхъ результатовъ, если фотометрія поверхностей планетъ съ одной стороны, и лабораторное изученіе земныхъ субстанцій съ другой стороны, получать широкое развитіе.

Называя черезъ  $\kappa$  некоторую характерную для разсѣивающей свѣтъ матовой субстанціи постоянную, можно опредѣлять различные тѣла выраженіемъ

$$\kappa f(i \varepsilon) \sec i,$$

выражающемъ отношеніе количества свѣта, отраженного отъ плоской поверхности субстанціи подъ угломъ  $\varepsilon$  къ количеству павшаго на нее подъ угломъ  $i$ . Функция  $f(i \varepsilon)$  или, такъ называемый, законъ диффузного отраженія, какъ показываетъ опытъ, не тождественна для различныхъ тѣлъ. Видъ ея можетъ быть найденъ изъ наблюдений относительной яркости субстанціи при различныхъ углахъ  $i$  и  $\varepsilon$ . Для определенія же постоянной  $\kappa$ , когда видъ функции  $f(i \varepsilon)$  будетъ известенъ, надо еще произвести абсолютныя измѣренія количества отраженного свѣта, притомъ отдельно въ разныхъ частяхъ спектра при помощи свѣтофильтровъ. Только тогда можно будетъ строго опредѣлять альбено, какъ характерную для субстанціи постоянную, ибо альбено, выражающее отношеніе количества отраженного во всѣхъ направлениихъ (въ тѣлесномъ углѣ  $2\pi$ ) къ количеству падающаго на площадку матовой субстанціи свѣта, выражается формулой

$$A = 2\pi \kappa \int_0^{\frac{\pi}{2}} f(i \varepsilon) \frac{\sin \varepsilon}{\cos i} d\varepsilon$$

и зависитъ какъ отъ вида функции  $f(i \varepsilon)$ ; такъ и отъ постоянной  $\kappa$ .

Наиболѣе подходящимъ определеніемъ альбено планеты является определеніе Бонда<sup>1)</sup>, по которому оно есть отношеніе количества разсѣянного шаромъ во всѣхъ направлениихъ свѣта къ количеству павшаго на него параллельнымъ пучкомъ. Такимъ образомъ альбено планеты выражается формулой:

<sup>1)</sup> Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences N. S. 8. 1861, и Astrophysical Journal. April 1916, стр. 175.

$$A_1 = 2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} A \cos i \sin i di = 4\pi k \int_0^{\frac{\pi}{2}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} f(i\varepsilon) \sin \varepsilon \sin i d\varepsilon di$$

и при известномъ видѣ функциї  $f(i\varepsilon)$  опредѣляетъ собой  $\kappa$ . Видѣ функциї  $f(i\varepsilon)$  для планеты съ однородною поверхностью находится сравненiemъ яркости разныx ея точекъ; величина же альбено,  $A_1$ , получается изъ отношенія общей яркости планеты къ яркости солнца<sup>1)</sup>, и для его определенія достаточны сравненія яркости планеты съ яркостью звѣздъ. Выполняя такія определенія отдельно въ разныхъ цвѣтахъ, получимъ разныя значенія альбено, а значитъ, и постоянной  $\kappa$ . Согласie ихъ, а также вида функциї  $f(i\varepsilon)$ , съ соответственными значениями для земной субстанціи будетъ достаточной гарантіей правильного отождествленія.

## § 2. Данныя наблюдений.

Если исключить луну, которая доступна и не разъ подвергалась детальному фотометрическому изслѣдованию, то данныя, относительно яркости на поверхностяхъ планетъ, надо признать чрезвычайно скучными, и такъ какъ они представляютъ собою не измѣренія, а субъективныя оцѣнки, то и не имѣющими серьезнаго научнаго значенія. Со времени введенія въ астрономію телескопа, изученіе поверхностей планетъ и зарисовываніе деталей представляло и представляетъ излюбленное занятіе многихъ наблюдателей. Но малость планетныхъ дисковъ, а главное, отсутствіе соотвѣтствующаго инструмента, не позволяли до сихъ поръ поставить вопросъ о распределеніи свѣта на видимой поверхности планеты на научную основу.

Всякое фотометрическое измѣреніе на поверхности планеты должно содержать два данныя: поверхностную яркость въ нѣкоторой точкѣ поверхности и ея координаты, напримѣръ, линейныя относительно центра диска планеты, которыя даютъ возможность вычислить углы паденія и отраженія свѣта въ измѣренной точкѣ. Въ противномъ случаѣ наблюденіе не можетъ быть использовано для решенія указанныхъ выше вопросовъ. Имѣющіяся въ литературѣ многочисленныя указанія наблюдателей на большую или меньшую яркость какой нибудь части планеты мы поэтому обходимъ молчаніемъ. Въ большинствѣ случаевъ эти указанія основаны на субъективной оцѣнкѣ относительной яркости. Такая оцѣнка въ весьма высокой степени подвержена ошибкѣ контраста, состоящей въ томъ, что впечатлѣніе о яркости объекта сильно зависитъ отъ яркости окружающего его фона. Наши измѣренія яркости колецъ Сатурна показали, что они всегда менѣе ярки, чѣмъ центръ планеты<sup>2)</sup> т. е. прямо противоположное непосредственному впечатлѣнію и общепринятымъ мнѣнію. Кромѣ того, грубая ошибка при оцѣнкѣ яркостей возникаетъ при разной окраскѣ сравниваемыхъ объектовъ; и эта ошибка вполнѣ субъективная. Въ виду этого и тѣ оцѣнки яркостей, которыя благодаря прилагаемымъ чертежамъ относятся къ достаточно точно ориентированнымъ точкамъ поверхности планетъ, не могутъ быть использованы для теоріи.

Изъ наблюдений, носящихъ уже характеръ фотометрическихъ измѣреній, намъ известны опыты Араго<sup>3)</sup>, который при помощи двоякореломляющей призмы установилъ, что полярная область Юпитера по крайней мѣрѣ въ два раза слабѣе экваторіальной зоны. Наблюденіе это, очевидно, не удовлетворяетъ второму изъ указанныхъ выше условій, точной ориентировки.

Бондъ, много работавшій въ области фотометріи планетъ, и заслужившій себѣ весьма почетное имя въ этой области астрономіи, за отсутствиемъ соотвѣтствующаго

1) Müller. Photometrie der Gestirne, pag. 64.

2) Труды Астроном. Обсерваторіи Имп. Юрьевскаго Университета, томъ XXIII, тетрадь I, стр. 51.

3) Arago: Deutsche Ausgabe Hankel. B. 14. p. 281.

прибора, тоже не могъ поднять относительную фотометрію поверхностей планетъ изъ области грубыхъ оцѣнокъ въ область точного знанія. Данныя его<sup>1)</sup>, касательно относительной яркости экваторіальной зоны Юпитера и темныхъ полосъ на планетѣ, мы на основаніи собственныхъ измѣреній, о которыхъ рѣчь впереди, считаемъ мало правдоподобными; при томъ и они страдаютъ отсутствіемъ точной ориентировки.

Единственно, наблюденные моменты исчезновенія спутниковъ Юпитера на фонѣ планеты при прохожденіи ихъ передъ его дискомъ могутъ быть использованы для теоріи освѣщенія Юпитера, такъ какъ линейныя координаты спутниковъ легкѣ вычислить по таблицамъ.

### § 3. Теоретическія соображенія.

Теоретически вопросъ о распределеніи яркости на поверхности планетъ разсматривался Андингомъ<sup>2)</sup>. Онъ принимаетъ планету за шаръ, безъ неровностей и одинакового всюду физического строенія; кроме того, онъ считаетъ ее лишенной атмосферы, такъ что яркость ея въ разныхъ частяхъ обусловливается исключительно закономъ диффузного отраженія свѣта отъ ея поверхности.

Для диффузного отраженія свѣта, т. е. отраженія отъ матовой поверхности, вполнѣ разсѣивающей свѣтъ и не дающей правильного отраженія, въ разное время были предложены три различные формулы:

Если обозначить черезъ  $i$  и  $\epsilon$  углы паденія и отраженія параллельныхъ лучей отъ элемента поверхности  $ds$ , то количество отраженного имъ свѣта выражается въ слѣдующемъ видѣ:

$$dq = \Gamma_1 ds \cos i \cos \epsilon \quad \text{по закону Ламберта}$$

$$dq = \Gamma_2 ds \frac{\cos i \cos \epsilon}{\cos i + \cos \epsilon} \quad " \quad " \quad \text{Зелигера}$$

$$dq = \Gamma_3 ds \cos i \quad " \quad " \quad \text{Эйлера},$$

гдѣ постоянная  $\Gamma$  зависитъ отъ интенсивности падающихъ лучей и отъ свойствъ отражающей поверхности.

Соответственно этому видимая яркость разныхъ элементовъ поверхности планеты получится, если раздѣлить величины  $dq$  на видимую величину элементовъ,  $ds \cos \epsilon$ ,

$$h_1 = \Gamma_1 \cos i \quad \text{по закону Ламберта}$$

$$h_2 = \Gamma_2 \frac{\cos i}{\cos i + \cos \epsilon} \quad " \quad " \quad \text{Зелигера}$$

$$h_3 = \Gamma_3 \frac{\cos i}{\cos \epsilon} \quad " \quad " \quad \text{Эйлера}.$$

Введемъ сюда на мѣсто угловъ  $i$  и  $\epsilon$  долготу  $\omega$  и широту  $\psi$  точекъ поверхности планеты, отнесенныя къ большому кругу, содержащему землю и солнце, при чмъ долготы будемъ считать отъ направлений къ землѣ, т. е. отъ видимаго центра планеты; мы будемъ имѣть тогда:

$$\cos i = \cos \psi \cos (\omega - a)$$

$$\cos \epsilon = \cos \psi \cos \omega$$

гдѣ  $a$  обозначаетъ уголъ фазы.

1) Memoirs of the American Academy. New Series. Vol. 8 p. 284.

2) Astron. Nachrichten. B. 129. № 3095.

Поверхностная яркости по тремъ указаннымъ законамъ будуть тогда выражаться въ видѣ:

$$h_1 = \Gamma_1 \cos \psi \cos (\omega - \alpha)$$

$$h_2 = \Gamma_2 \left[ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \left( \omega - \frac{\alpha}{2} \right) \right]$$

$$h_3 = \Gamma_3 [1 + \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \omega] \cos \alpha$$

Изъ этихъ формулъ слѣдуетъ, что при  $\alpha = 0$ , т. е. во время оппозиціи планеты, яркость ея поверхности по первому закону равномѣрно уменьшается отъ центра къ краямъ и здѣсь обращается въ 0. По второму и третьему закону яркость во время оппозиціи одинакова на всей поверхности.

Вводя линейныя координаты съ началомъ въ видимомъ центрѣ планеты, легко найти кривыя равной яркости и такимъ образомъ получить полную картину распределенія свѣта.

Мы приведемъ здѣсь лишь важнѣйшіе результаты этого простого анализа, выполненнаго детально въ руководствѣ Müller'a „Photometrie der Gestirne“, стр. 70. По закону Ламберта кривыя равной яркости суть круги съ центромъ въ центрѣ планеты, гдѣ яркость максимальна; при  $0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$  кривыя эти переходятъ въ эллипсы съ отношеніемъ осей всегда одинаковымъ и равнымъ  $\frac{1}{\cos \alpha}$ . Максимальная яркость находится тогда въ точкѣ планеты, имѣющей солнце въ своемъ зените; она 0 у отрицательного края планеты и отлична отъ 0 у ея положительного края. Для  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  максимальная яркость находится на положительномъ краю и отсюда уменьшается до 0 на отрицательномъ, при чёмъ изофоты суть прямые, параллельныя отрицательному краю. При  $\alpha > \frac{\pi}{2}$ , т. е. когда планета представляется серпомъ, яркость уменьшается отъ положительного края къ отрицательному, но вездѣ менѣе, чѣмъ яркость центра во время оппозиціи, такъ какъ точка, на которую лучи падаютъ нормально, лежитъ на невидимой части планеты.

По закону Зелигера при  $\alpha < \frac{\pi}{2}$  кривыя равной яркости суть полуэллипсы съ центромъ въ видимомъ центрѣ планеты и большою осью, проходящую черезъ ея полюсы. Максимальная яркость всегда на положительномъ краѣ и остается постоянной, также и при  $\alpha \geq 90^\circ$ ; она равна двойной яркости центра планеты въ оппозиціи. Паденіе яркости къ отрицательному краю происходитъ менѣе быстро, чѣмъ увеличеніе ея у положительного края.

Распределеніе яркости по третьему закону подобно предыдущему съ той разницей, что яркость здѣсь еще быстрѣе растетъ у положительного края, на которомъ даже достигаетъ безконечно большого значенія.

Законы Ламберта и Эйлера не получили теоретического обоснованія. Второй изъ нихъ безусловно не вѣренъ, какъ показали многочисленныя опытныя изслѣдованія надъ земными субстанціями.

Законъ Ламберта основанъ на предположеніи, что разсѣянное отраженіе отъ матовой поверхности происходитъ такимъ же образомъ, какъ и испусканіе свѣта раскаленной поверхностью, т. е. пропорционально косинусу угла испусканія. И этотъ законъ не подтверждается вполнѣ наблюденіями.

Только третій законъ, данный въ болѣе позднее время Ломмелемъ<sup>1)</sup> и носящій название закона Ломмель-Зелигера, такъ какъ Зелигеръ<sup>2)</sup> привелъ его къ простому виду, основанъ на теоретическихъ соображеніяхъ. Ломмель предполагаетъ, что свѣтъ, падая на матовую субстанцію, проникаетъ въ глубь ея на нѣкоторое разстояніе, при чёмъ часть его поглощается и часть разсѣивается равномѣрно во всѣхъ направленияхъ. Вслѣдствіе этого, часть свѣта снова выходитъ наружу, испытавъ и на этомъ пути соотвѣтствующее поглощеніе. Общий видъ этого закона, если пренебречь диффузіей второго порядка, слѣдующій:

$$f(i \varepsilon) = \frac{\cos i \cos \varepsilon}{\cos i + \lambda \cos \varepsilon},$$

гдѣ  $\lambda$  есть отношеніе коэффиціентовъ поглощенія для входящихъ и выходящихъ изъ субстанцій лучей.

Фесенковъ<sup>3)</sup> видоизмѣняетъ эту формулу, предполагая тотъ же процессъ при диффузіонѣ отраженіи, но считая, что внутреннее разсѣяніе въ субстанціи происходитъ по формулѣ Rayleigh'я, т. е. пропорціонально  $1 + \cos^2 a$ , гдѣ  $a$  уголъ между падающимъ и отраженнымъ лучемъ. Формула его поэтому имѣеть видъ

$$f(i \varepsilon) = \frac{\cos i \cos \varepsilon}{\cos i + \cos \varepsilon} (1 + \cos^2 a).$$

Если принять въ расчетъ взаимодѣйствіе между разсѣивающими свѣтъ частицами внутри субстанціи, или внутреннюю диффузію второго порядка, то обѣ предыдущія формулы чрезвычайно усложняются. Между тѣмъ, если даже предположить, что представленіе Ломмеля о процессѣ разсѣянія свѣта согласно съ дѣйствительностью для лучей, проникающихъ внутрь субстанціи, мы не можемъ ожидать подтвержденія, предыдущихъ формулъ на опытѣ, такъ какъ онъ не учитываетъ количества свѣта, отраженного отъ самой поверхности. Это же сдѣлать, какъ справедливо указываетъ Фесенковъ (I. с. стр. 77), фактически невозможно, такъ какъ поверхностное отраженіе можетъ быть различно не только для различныхъ субстанцій, но и для одной и той же въ зависимости отъ состоянія ея поверхности.

И дѣйствительно, многочисленные лабораторные опыты надъ разнообразными тѣлами показываютъ, что законъ Ломмель-Зелигера, по словамъ Е. Liebenthal'я<sup>4)</sup>, разобравшаго всю литературу по этому вопросу до 1907 года, не лучше согласуется съ дѣйствительностью, чѣмъ законъ Ламберта, а напротивъ того хуже.

Мы заключаемъ отсюда, что не существуетъ общаго для всѣхъ тѣлъ закона диффузного отраженія и что слѣдуетъ поэтому характеризовать это важное и для астрономіи свойство различныхъ тѣлъ эмпирическими формулами, выводимыми изъ лабораторныхъ опытовъ.

Если для земныхъ тѣлъ, специально препарированныхъ для лабораторнаго изслѣдованія, не имѣется общей формы для диффузного отраженія, то тѣмъ менѣе можно ожидать таковой для поверхностей планетъ, гдѣ не можетъ быть и рѣчи объ осуществленіи какихъ либо идеальныхъ условій. И дѣйствительно<sup>5)</sup>, вычисленныя по указаннымъ

1) Münch. Ber. B. 17, p. 95 (1887). Wied. Ann. B. 36, p. 473 (1889).

2) Vierteljahrsschr. d. Astronom. Gesellschaft. B. 20, p. 267 (1885); B. 21, p. 216 (1886).

3) Изв. русск. Астр. Общ. Май 1916.

4) Praktische Photometrie. Braunschweig 1907 p. 87.

5) Фесенковъ I. с. стр. 79.

выше формуламъ общія количества свѣта, отраженного планетами при разныхъ углахъ фазы, весьма, плохо согласуются съ наблюдеными кривыми фазы; теоретическая формула Фесенкова, требующая болѣе быстрого паденія кривой съ увеличеніемъ фазы, чѣмъ другія, даетъ для Венеры худшее согласіе, чѣмъ формула Ламберта; лучшее же ея согласіе съ кривой фазы луны мало говорить въ ея пользу, такъ какъ быстрое паденіе яркости у такихъ планетъ, какъ луна и Меркурій, обусловливается въ значительной мѣрѣ тѣнями, бросаемыми значительными на этихъ планетахъ воз-  
вышенностями.

Что касается распределенія яркости на поверхности планеты, принимаемой за однородный шаръ, по упомянутой формуле Фесенкова, то оно очевидно тождественно съ таковыми по формулѣ Зелигера, разсмотрѣнномъ нами въ началѣ этой главы. Фесенковъ въ указанной работе даетъ еще другую чисто эмпирическую формулу, дающую хорошее согласіе съ кривой фазы для Венеры.

Помимо указанныхъ причинъ, почему теоретическія формулы не могутъ представить наблюденныхъ кривыхъ фазы, нужно указать еще на одну важную причину. Всѣ эти формулы совершенно игнорируютъ вліяніе атмосферы, присутствіе которой у Венеры, Юпитера и Сатурна не подлежитъ сомнѣнію, и которая въ значительной степени можетъ вліять, какъ на распределеніе яркости на поверхности планеты, такъ и на кривую фазы.

#### § 4. Путь дальнѣйшихъ изслѣдований.

Имѣя въ распоряженіи инструментъ, позволяющій измѣрить поверхностную яркость въ произвольной точкѣ планеты, мы имѣемъ возможность поставить вопросъ о фотометріи планетъ на болѣе широкую и рациональную основу.

При этомъ мы, въ силу указанныхъ выше соображеній, должны различать двѣ группы планетъ.

Къ одной группѣ принадлежать планеты, лишенныя атмосферы и имѣющія на поверхности рѣзкія очертанія и, повидимому, неоднородное строеніе. Сюда относятся луна и Меркурій.

По изслѣдованію Пикеринга<sup>1)</sup> наиболѣе яркія мѣста лунной поверхности во время полнолуния въ 170 разъ ярче наиболѣе темныхъ мѣстъ. Первыми являются вершины горъ, вторыми долины и внутренности кратеровъ. Причину такихъ разностей нужно видѣть какъ въ различіи альбедо, такъ и въ различіи угловъ паденія и отраженія свѣта отъ сравниваемыхъ точекъ поверхности. Такъ какъ вычислить эти послѣдніе для горныхъ вершинъ невозможно, то очевидно невозможно раздѣлить эти двѣ причины и вывести законъ диффузного отраженія для составляющихъ всякия неровности лунной поверхности породъ. Средній для всей поверхности законъ диффузного отраженія, который можно бы вывести изъ наблюдений относительной яркости разныхъ точекъ поверхности луны, предварительно сгладивъ контрасты яркостей въ близкихъ точкахъ выведеніемъ трубы изъ фокуса, далъ бы намъ вѣроятно хорошее представленіе кривой фазы, но никакихъ разясненій о природѣ составляющихъ поверхность разнообразныхъ породъ дать бы не могъ.

Въ виду этого изслѣдованіе нужно ограничить здѣсь отдѣльными наиболѣе ровными частями поверхности, измѣряя ихъ яркость при разныхъ углахъ фазы.

Для Меркурія такое изслѣдованіе чрезвычайно усложняется вслѣдствіе малости его диска и тѣхъ условій, которыя вообще затрудняютъ наблюденіе надъ нимъ.

1) Müller. Photometrie der Gestirne p. 345.

Ко второй группѣ планетъ мы причисляемъ тѣ, которыя не имѣютъ постоянныхъ очертаній на своей поверхности. Сюда относятся Венера, постоянно закрытая непрозрачнымъ и ровнымъ слоемъ облаковъ, Юпитеръ и Сатурнъ съ перемѣнными, будь то облачными или жидкими, формациами на ихъ поверхности. У нихъ можно говорить о среднемъ альбено и диффузномъ отраженіи для всей поверхности, такъ какъ измѣренія показываютъ, что даже полосы на Юпитерѣ (исключение составляется, быть можетъ, только красное пятно) незамѣтно искажаютъ законъ ослабленія яркости. Легкое неспокойствіе изображеній практически осуществляетъ названное предположеніе одинакового состава всей поверхности, такъ какъ всѣ детали ея исчезаютъ для глаза.

У этихъ планетъ выводъ общаго закона ослабленія свѣта, какъ функціи угла паденія и отраженія его, вполнѣ возможенъ изъ наблюдений относительной яркости разныхъ точекъ поверхности. Но у нихъ ослабленіе яркости къ краямъ обусловливается также вліяніемъ атмосферы, отдѣленіе которой отъ вліянія закона диффузного отраженія является возможнымъ, если вести изслѣдованіе путемъ послѣдовательныхъ приближеній, считаясь съ возможными формами для диффузного отраженія.

Марсъ занимаетъ промежуточное положеніе между двумя названными группами планетъ. Окруженный атмосферой, онъ однако имѣеть рѣзкія и довольно постоянныя очертанія на своей поверхности, въ общемъ, повидимому, весьма ровной. Выдѣленіе вліянія атмосферы изъ наблюдений яркости по возможности тѣхъ же и не подвергающихся измѣненію частей его поверхности при различныхъ условіяхъ ихъ освѣщенія, въ центрѣ и вблизи краевъ, не представляется невозможнымъ. Послѣ опредѣленія коэффициента прозрачности марсовой атмосферы можно будетъ приступить къ изученію диффузного отраженія и альбено разныхъ на немъ образованій.

Для опредѣленія альбено цѣлой планеты помимо названныхъ измѣреній очевидно понадобится точное знаніе общаго количества отраженного планетою свѣта, получающагося изъ сравненія ея со звѣздами извѣстной яркости. Нашъ фотометръ позволяетъ легко и точно производить такія сравненія съ любой трубою въ достаточномъ отдаленіи отъ фокуса, гдѣ и звѣзда и планета представляются совершенно ровными, круглыми дисками одинакового диаметра.

Для опредѣленія же альбено отдѣльныхъ частей неоднородной поверхности планеты послѣ опредѣленія для нихъ вида функціи  $f(i_e)$  необходимо будетъ измѣрить ихъ общую яркость по отношенію къ звѣздамъ, что опять таки вполнѣ выполнимо съ нашимъ фотометромъ.

Достаточно для этого фотометрировать площади столь малыя, чтобы онъ были сравнимы со звѣздами. Зная диаметръ круговой площади, мы очевидно будемъ находиться въ тѣхъ же условіяхъ, какъ въ случаѣ опредѣленія альбено цѣлой планеты.

Сравненія со звѣздами извѣстной яркости необходимо будетъ выполнять отдѣльно въ разныхъ цвѣтахъ спектра (см. § 1 этой главы).

## § 5. Задача настоящей работы.

Въ этой работе мы ограничиваемся изученіемъ распределенія свѣта на поверхностиахъ планетъ Сатурна, Юпитера, Марса и Венеры и выводомъ законовъ ослабленія свѣта въ функціи угловъ паденія и отраженія его, при чёмъ это ослабленіе приписывается нами какъ дѣйствію атмосферы, такъ и общему для всей поверхности закону диффузного отраженія.

Для этой цѣли необходимы были измѣренія относительной яркости разныхъ точекъ поверхности съ извѣстными линейными координатами, которыя оцѣнивались на глазъ. Не имѣя возможности соединять фотометрическое измѣреніе съ микрометрическимъ точнымъ опредѣленіемъ координатъ измѣряемой точки, что возможно будетъ въ будущемъ на фотографическихъ снимкахъ планетъ, мы принуждены были ограничиваться раздѣленіемъ на глазъ какого-нибудь диаметра на двѣ или четыре части и въ нихъ производить измѣренія. Болѣе подробно объ ориентировкѣ нашихъ измѣреній будетъ сказано въ специальной главѣ.

Въ случаѣ Марса, гдѣ выдѣляющіяся по цвѣту и яркости детали, находились иногда въ подлежащихъ измѣренію точкахъ, мы держались правила выждать, пока, вслѣдствіе вращенія планеты, конфигурація не измѣнится.

У Юпитера наблюденія производились главнымъ образомъ на экваторіальномъ поясѣ. Здѣсь указанныхъ выше затрудненій никогда не встрѣчалось. Если отдельное измѣреніе иискажалось вслѣдствіе различія альбедо въ соответственной точкѣ поверхности, то вліяніе его на выводъ общаго закона ослабленія свѣта уничтожалось весьма многочисленными измѣреніями на опредѣленномъ поясѣ планеты, всѣ точки котораго благодаря быстрому ея вращенію постепенно подвергались измѣренію.

Изъ найденныхъ законовъ ослабленія свѣта путемъ интегрированія по всей видимой поверхности планеты вычислены были кривыя фазы, согласіе которыхъ съ наблюденными кривыми являлось критеріемъ правильности найденныхъ формулъ.

Для Юпитера, Сатурна и Венеры сдѣлана попытка изъ найденныхъ законовъ выдѣлить вліяніе атмосферы.

Но прежде чѣмъ перейти къ теоріи совмѣстнаго дѣйствія атмосферы и диффузнаго отраженія на распределеніе яркости на поверхности планеты, мы должны остановиться на одномъ важномъ источниѣ ошибокъ подобныхъ изслѣдований, возникающемъ вслѣдствіе дѣйствія дифракціи на яркость планеты у ея краевъ.

## § 6. О вліяніи дифракціи на изображенія планетъ.

Вопросъ о вліяніи дифракціи на распределеніе яркости кругового равномѣрно яркаго диска, рассматриваемаго въ трубу, неоднократно подвергался теоретическому изслѣдованию. Schwerd въ своемъ извѣстномъ сочиненіи о дифракції<sup>1)</sup> впервые поставилъ этотъ вопросъ и далъ приближенныя таблицы яркостей въ разныхъ разстояніяхъ отъ края кругового диска.

Andr <sup>2)</sup> методами болѣе изящными рѣшалъ ту же задачу и далъ болѣе полныя таблицы. Hermann Struve въ своемъ классическомъ сочиненіи, * ber den Einfluss der Diffraction an Fernröhren auf Lichtscheiben*<sup>3)</sup>, далъ новое рѣшеніе задачи для кругового равномѣрно освѣщенаго диска. Къ сожалѣнію для неравномѣрно яркихъ круговыхъ, а тѣмъ болѣе полукруглыхъ и серповидныхъ дисковъ, вопросъ пока не разрѣшенъ, отчасти вслѣдствіе математическихъ трудностей, а главное, потому, что пока не было практической необходимости рѣшать этотъ вопросъ въ общемъ видѣ; частные же виды законовъ распределенія яркости на поверхностяхъ планетъ не были извѣстны.

1) Schwerd. *Die Beugungerscheinungen*. Mannheim 1835.

2) André. *Etude de la diffraction dans les instruments d'optique*. *Annales de l' cole normale*, 1876.

3) *Mémoires de l'Académie de St. Petersbourg*, VII Série. Tome XXX № 8.

Вліяніе дифракції искажаетъ истинное распределеніе свѣта въ замѣтной степени только на краяхъ дисковъ. Поэтому эти послѣдніе должны быть исключены при изученіи законовъ освѣщенія планетъ. Для равномѣрно яркаго диска яркость быстро падаетъ начиная приблизительно съ  $1/10$  радиуса до геометрическаго края, где она достигаетъ половины яркости центра; далѣе за геометрическимъ краемъ паденіе яркости идетъ симметрично и такъ же быстро до разстоянія въ  $1/10$  радиуса за краемъ, а потомъ медленно. Въ виду этого граница планеты, опредѣленно ощущаемая глазомъ, является фактически неопределенной и субъективной, потому что неизвѣстно, въ какой точкѣ быстро спадающей кривой яркости глазъ теряетъ ощущеніе свѣта. То же замѣчаніе относится и къ фотографіи. Понятно, что у краевъ невозможно ни фотометрированіе, ни точное определеніе линейныхъ координатъ, необходимыхъ для вывода угловъ паденія и отраженія, которые здѣсь быстро мѣняются.

Паденіе яркости у краевъ круглого диска, впрочемъ, зависитъ какъ отъ величины диска, такъ и отъ отверстія объектива. Чѣмъ менѣе дискъ и чѣмъ менѣе диаметръ объектива, тѣмъ дальше отъ края распространяется замѣтное дѣйствіе дифракції.

Составленныя Струве таблицы позволяютъ оцѣнить вліяніе дифракції и на наши измѣренія за исключеніемъ наблюденій Венеры, которая наблюдалась нами при большихъ углахъ фазы (отъ  $\alpha = 70^\circ$  до  $\alpha = 114^\circ$ ).

Но у Венеры при большихъ углахъ фазы паденіе яркости само по себѣ столь значительно, что искаженіе его вслѣдствіе дифракції не могло значительно повлиять на найденную нами для него формулу.

Таблицы Струве вычислены для аргументовъ

$$\frac{2\pi}{\lambda} Rq = 50 \text{ и } \frac{2\pi}{\lambda} Rq = 10,$$

гдѣ  $R$  есть радиусъ свободного отверстія объектива,  $q$  видимый радиусъ кругового диска въ абсолютной мѣрѣ,  $\lambda$  длина волны свѣта. Приведемъ здѣсь первую изъ таблиц Струве, перевычисленную для яркости центра, какъ единицы измѣреній.

Разстояніе отъ центра.	Яркость.	Разстояніе отъ центра.	Яркость.
0.00 радиуса	1.000	2.00 радиуса	0.001
...	...	...	...
0.80 . . . . .	0.987	1.20 . . . . .	0.012
0.90 . . . . .	0.962	1.10 . . . . .	0.034
0.92 . . . . .	0.948	1.08 . . . . .	0.044
0.94 . . . . .	0.938	1.06 . . . . .	0.055
0.96 . . . . .	0.893	1.04 . . . . .	0.098
0.98 . . . . .	0.744	1.02 . . . . .	0.243
1.00 . . . . .	0.492	1.00 . . . . .	0.492

Принимая за длину свѣтовой волны  $\lambda$ , наиболѣе чувствительную для глаза  $\lambda = 0.00058$  милл., найдемъ что таблица эта соответствуетъ  $Rq'' = 952$ , гдѣ  $q''$  выражено въ секундахъ дуги.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ сопоставлены данныя нашихъ наблюденій: радиусы планетъ, свободные отверстія объективовъ (вслѣдствіе чрезмѣрной яркости планетъ намъ часто приходилось пользоваться діафрагмами) съ произведеніями  $Rq''$  и разстояніями фотометрируемыхъ точекъ отъ края планеты.

Мѣсто набл.	Періодъ набл.	Радіусъ планеты.	Діаметръ		$R\varrho''$		Разет. отъ края въ един. рад.
			наиб.	наим.	наиб.	наим.	
Венера	Юрьевъ	1916 23/III—25/IV	"	"	100		
	Пулково	30/IV—25/V	11.9	8.8	—		
Марсъ	Юрьевъ	1916 26/I—24/IV	6.9	4.2	125	431	263
	Пулково	29/IV—25/V	4.0	3.4	300	600	510 0.5—0.44
Сатурнъ	Юрьевъ	1915 6/II—4/V	9.3	8.0	200	930	800
		1916 27/I—24/IV	9.2	8.0	125	575	500 0.5 ; 0.25
	Пулково	1916 29/IV—9/V	7.9	7.8	300	1185	1170
Юпитеръ	Юрьевъ	1914 3/VII—29/XI	22.2	18.0	200	2220	1800
		1915/6 3/XI—27/I	21.7	18.0	125	2713	2225 0.5 ; 0.25

Наименьшее значеніе  $R\varrho''$  получается для Марса равнымъ 263. Но таблицей Струве можно воспользоваться для приближенной оцѣнки вліянія диффракціи и для другихъ значеній  $R\varrho$  на основаніи приведенныхъ имъ приближенныхъ формулъ (л. с. стр. 54). Нужно только войти въ таблицу съ аргументомъ разстояніе отъ края, увеличеннымъ пропорціонально увеличенію произведеній  $R\varrho$ .

Такимъ образомъ легко убѣдиться, что при наблюденіяхъ Марса, Юпитера и Сатурна вліяніе диффракціи только въ рѣдкихъ случаяхъ достигало 3%.

Но такъ какъ подсчетъ этотъ только весьма приближенный, и числа могли бы нѣсколько измѣниться въ виду неравномѣрной яркости диска, то мы пренебрегли совершенно поправкой за диффракцію. Для будущихъ, болѣе точныхъ, измѣреній таблицы вліянія диффракціи на неравномѣрно освѣщенные диски, вычисленные съ найденными нами формулами для распределенія яркости на диске, будутъ необходимы<sup>1)</sup>.

1) Появившаяся во время печатанія этой работы статья В. Фесенкова „Определеніе распределенія интенсивности въ экваторіальной зонѣ Юпитера“ (Извѣстія Импер. Русск. Астрон. Общества. Ноябрь 1916 г.) относится къ вопросу о вліяніи диффракціи на края неравномѣрно яркаго диска, ибо авторъ приводить въ ней измѣренія интенсивности въ предѣлахъ 0.0 до 0.2 радиуса отъ края. Къ сожалѣнію авторъ, умалчивая о диффракціи, рѣшается выводить заключенія объ яркости въ измѣренной области.

### III.

## Очеркъ общей теоріи освѣщенія планетъ.

**§ 1.** Мы будемъ здѣсь считать планеты сферами однородного строенія, окружеными прозрачными атмосферами, при чёмъ границы этихъ атмосферъ тоже сферическая.

У планетъ, постоянно покрытыхъ непрозрачнымъ слоемъ облаковъ, каковы Венера и, вѣроятно, Сатурнъ и Юпитеръ, мы подъ поверхностью планеты будемъ разумѣть наружную границу этого облачного слоя и считать, что надъ нимъ имѣется еще слой прозрачной атмосферы.

Рефракціей лучей свѣта при прохожденіи атмосферы мы будемъ пренебрегать. Кроме того мы здѣсь будемъ считать солнце точкою т. е. будемъ пренебрегать видимыми съ планеты размѣрами солнца.

Вообразимъ элементъ поверхности планеты, не имѣющей атмосферы,  $ds$ ; на него отъ солнца падаетъ параллельный пучекъ лучей свѣта подъ угломъ  $i$  къ нормали; часть его послѣ отраженія отъ  $ds$  подъ угломъ  $\epsilon$  къ нормали попадаетъ въ глазъ наблюдателя. Если обозначимъ количество свѣта, падающаго на единицу поверхности нормально черезъ  $L$ , то количество отраженнаго отъ элемента  $ds$  свѣта будетъ:

$$dq = \kappa L f(i \epsilon) ds$$

гдѣ  $f(i \epsilon)$  есть законъ диффузнаго отраженія, а  $\kappa$  коэффиціентъ пропорціональности.

Если планета окружена атмосферою, то будемъ подразумѣвать подъ  $L$  количество свѣта, падающаго на единицу поверхности атмосферы; тогда свѣтъ при прохожденіи ея испытаетъ еще ослабленіе отъ поглощенія, измѣряемое функціей  $e^{\varphi(z)}$ , гдѣ  $z$  уголъ луча съ нормалью въ точкѣ паденія, такъ что количество свѣта, отраженнаго отъ  $ds$  и ослабленнаго при двукратномъ прохожденіи атмосферы, будетъ:

$$dq = \kappa L e^{\varphi(i)} e^{\varphi(\epsilon)} f(i \epsilon) ds \quad (a)$$

Функція  $\varphi(z)$  для угловъ  $z$  не слишкомъ близкихъ къ  $90^\circ$  вполнѣ опредѣлена въ теоріи поглощенія свѣта атмосферою, состоящей изъ однородныхъ концентрическихъ слоевъ.

Обозначая яркость луча въ атмосферѣ черезъ  $J$ , а яркость его послѣ прохожденія ея подъ угломъ  $z$  къ нормали черезъ  $J_z$ , будемъ имѣть

$$\varphi(z) = \lg \operatorname{nat} \frac{J_z}{J} = A \sec z + B \sec z \operatorname{tg}^2 z + C \sec z \operatorname{tg}^4 z + \dots \quad (\beta)$$

гдѣ  $A$  есть натуральный логарифм коэффициента прозрачности атмосферы, или отношенія яркости луча прошедшаго ее нормально къ его яркости въ атмосфере:

$$A = \lg nat \frac{J_o}{J} = \lg nat p \quad (\gamma)$$

Видъ функции  $f(i \varepsilon)$ , или закона диффузного отраженія, напротивъ того, неизвѣстенъ.

Напишемъ выраженіе для относительныхъ поверхностныхъ яркостей въ разныхъ точкахъ планетнаго диска на основаніи формулы (a).

Для этого дѣлимъ количество свѣта  $dq$  на видимую величину отражающаго элемента  $ds \cos \varepsilon$ ; обозначая черезъ  $i_o, i_n, \varepsilon_o, \varepsilon_n$  углы паденія и отраженія свѣта въ двухъ точкахъ поверхности планеты, будемъ имѣть для отношенія поверхностныхъ яркостей въ этихъ точкахъ:

$$\frac{h_n}{h_o} = \frac{e^{\varphi(i_n) + \varphi(\varepsilon_n)} f(i_n \varepsilon_n) \cdot \cos \varepsilon_o}{e^{\varphi(i_o) + \varphi(\varepsilon_o)} f(i_o \varepsilon_o) \cos \varepsilon_n} \quad (\delta)$$

Логарифмируя это выраженіе и ограничиваясь двумя членами въ выраженіи  $\varphi(z)$  получимъ:

$$\begin{aligned} \lg nat \frac{h_n}{h_o} = & A [(\sec i_n + \sec \varepsilon_n) - (\sec i_o + \sec \varepsilon_o)] + B [\sec i_n \operatorname{tg}^2 i_n + \sec \varepsilon_n \operatorname{tg}^2 \varepsilon_n - (\sec i_o \operatorname{tg}^2 i_o + \sec \varepsilon_o \operatorname{tg}^2 \varepsilon_o)] + \\ & + \lg nat \frac{\cos \varepsilon_o}{\cos \varepsilon} + \lg nat \frac{f(i_n \varepsilon_n)}{f(i_o \varepsilon_o)} \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} \log \frac{h_n}{h_o} - \log \frac{\cos \varepsilon_o}{\cos \varepsilon_n} - \log \frac{f(i_n \varepsilon_n)}{f(i_o \varepsilon_o)} = & A_1 [(\sec i_n + \sec \varepsilon_n) - (\sec i_o + \sec \varepsilon_o)] + B_1 [\sec i_n \operatorname{tg}^2 i_n + \sec \varepsilon_n \operatorname{tg}^2 \varepsilon_n - \\ & - (\sec i_o \operatorname{tg}^2 i_o + \sec \varepsilon_o \operatorname{tg}^2 \varepsilon_o)] \end{aligned} \quad (\varepsilon)$$

гдѣ обозначено  $A_1 = MA$ ;  $B_1 = MB$ ;  $M$  модуль = 0.4343.

Уравненіе это даетъ намъ возможность провѣрить, насколько извѣстныя формулы для диффузного отраженія удовлетворяютъ дѣйствительности.

Предположимъ, что мы измѣрили относительно центральной точки планеты  $(i_o, \varepsilon_o)$  поверхностная яркости различныхъ другихъ бѣа точекъ и намъ извѣстны для нихъ углы паденія и отраженія свѣта  $(i_1 \varepsilon_1, i_2 \varepsilon_2, \dots, i_n \varepsilon_n)$ ; тогда мы можемъ составить  $n$  уравненій типа (e), принимая для  $f(i \varepsilon)$  одинъ изъ извѣстныхъ законовъ, и рѣшить ихъ относительно неизвѣстныхъ коэффициентовъ  $A_1$  и  $B_1$  по способу наименьшихъ квадратовъ.

Каждому изъ законовъ  $f(i \varepsilon)$  будетъ соотвѣтствовать своя система значенія  $A_1, B_1$ . Если ни одна изъ нихъ не дастъ достаточнаго согласія съ наблюденіями, т. е. если отклоненія вычисленныхъ отъ наблюденныхъ значеній относительныхъ яркостей будутъ превышать возможные ошибки наблюденій, то ни одинъ изъ видовъ функций  $f(i \varepsilon)$  не согласенъ съ дѣйствительностью.

Можно продолжать пробы съ новыми гипотетическими законами диффузного отраженія.

Какъ видно изъ уравненія (e), опредѣленіе вида функции  $f(i \varepsilon)$  изъ наблюдений относительной яркости въ разныхъ точкахъ планеты окруженной атмосферой, если эта функция совершенно произвольна, является задачей неопределеннной. Но, распространяя наблюденія на возможно большое число точекъ поверхности и пользуясь дан-

ными физики относительно возможныхъ видовъ функциї ( $f(i\epsilon)$ ), можно надѣяться путемъ послѣдовательныхъ приближеній строго выдѣлить вліяніе атмосферы и тѣмъ самимъ опредѣлить и видъ функциї  $f(i\epsilon)$ .

Очевидно въ одномъ случаѣ выдѣление вліянія атмосферы при помощи уравненія ( $\epsilon$ ) было бы совершенно невозможнымъ и коэффиціентъ прозрачности атмосферы получался бы фиктивнымъ: это случай, когда.

$$f(i\epsilon) = e^{\psi(i\epsilon)} f_1(i\epsilon)$$

ибо тогда намъ въ лучшемъ случаѣ удалось бы подыскать функцию  $f_1(i\epsilon)$ , чтобы удовлетворить уравненіямъ ( $\epsilon$ )

### § 2. Аналитическое выражение для совмѣстного дѣйствія атмосферы и диффузного отраженія.

Въ виду трудности отдѣлить двѣ причины, обусловливающія распределеніе яркости на видимой поверхности планеты, выразимъ функцию, опредѣляющую ослабленіе свѣта при прохожденіи атмосферы и паденіи, рядомъ Фурье

$$\lambda + \mu \cos i + \nu \cos 2i + \dots$$

и такимъ же рядомъ, но съ другими коэффиціентами, функцию опредѣляющую ослабленіе его при отраженіи и вторичномъ прохожденіи атмосферы

$$\lambda_1 + \mu_1 \cos \epsilon + \nu_1 \cos 2\epsilon + \dots$$

Въ случаѣ, если и законъ диффузного отраженія выражается формулой  $f(i\epsilon)$ , симметрично относительно угловъ  $i$  и  $\epsilon$ , очевидно будетъ

$$\lambda = \lambda_1; \quad \mu = \mu_1; \quad \nu = \nu_1 \dots$$

Итакъ мы имѣемъ равенство

$$e^{\varphi(i) + \varphi(\epsilon)} f(i\epsilon) = (\lambda + \mu \cos i + \nu \cos 2i) (\lambda_1 + \mu_1 \cos \epsilon + \nu_1 \cos 2\epsilon) \quad (5)$$

гдѣ мы, какъ и во всемъ дальнѣйшемъ, остановились на третьемъ членѣ разложенія. Практика не потребовала вводить дальнѣйшіе.

Коэффиціенты  $\lambda \mu \nu$ ,  $\lambda_1 \mu_1 \nu_1$ , или величины имъ пропорциональныя, вполнѣ опредѣляютъ какъ распределеніе яркости на поверхности планеты, такъ и кривую фазы. Они будутъ служить намъ для характеристики физической природы планеты.

Для планетъ, не имѣющихъ атмосферы въ уравненіи (5)  $\varphi(z) = 0$  и произведеніе нашихъ рядовъ есть наиболѣе общій видъ функции  $f(i\epsilon)$ , способный представить при произвольныхъ, подлежащихъ опредѣленію изъ наблюдений, коэффиціентахъ всякой законъ диффузного отраженія.

Для планетъ окруженыхъ атмосферою замѣна произведенія функций  $e^{\varphi(i) + \varphi(\epsilon)}$   $f(i\epsilon)$  произведеніемъ рядовъ даетъ намъ возможность выразить въ конечной формѣ и яркость у краевъ планеты ( $z = 90^\circ$ ), для которыхъ формула поглощенія свѣта даетъ неопределенные значения.

Количество отраженного отъ элемента  $ds$  и прошедшаго атмосферу свѣта выражается теперь формулой

$$dq = n L (\lambda + \mu \cos i + \nu \cos 2i) (\lambda_1 + \mu_1 \cos \epsilon + \nu_1 \cos 2\epsilon) ds$$

Отношение поверхностныхъ яркостей въ двухъ точкахъ планеты будетъ

$$\frac{h_n}{h_o} = \frac{(\lambda + \mu \cos i_n + \nu \cos 2 i_n)(\lambda_1 + \mu_1 \cos \varepsilon_n + \nu_1 \cos 2 \varepsilon_n)}{(\lambda + \mu \cos i_o + \nu \cos 2 i_o)(\lambda_1 + \mu_1 \cos \varepsilon_o + \nu_1 \cos 2 \varepsilon_o)} \cdot \frac{\cos \varepsilon_o}{\cos \varepsilon_n} \quad (\eta)$$

Определеніе коэффиціентовъ  $\mu' \nu'$ ,  $\mu'_1 \nu'_1$ .

**§ 3.** Уравненія ( $\eta$ ) могутъ служить для определенія отношеній двухъ изъ коэффициентовъ къ третьему, напримѣръ:

$$\mu' = \frac{\mu}{\lambda}; \quad \nu' = \frac{\nu}{\lambda}; \quad \mu'_1 = \frac{\mu_1}{\lambda_1}; \quad \nu'_1 = \frac{\nu_1}{\lambda_1};$$

Для этого достаточно наблюдать относительныя яркости въ точкахъ планеты, въ которыхъ углы паденія  $i$  одинаковы, а также въ точкахъ съ одинаковыми углами отраженія  $\varepsilon$ . Первыми являются, напримѣръ, точки терминатора планеты, для которыхъ  $i = 90^\circ = \text{const.}$ ; вторыми могутъ служить точки положительного ея края, для которыхъ  $\varepsilon = 90^\circ = \text{const.}$

Для точекъ первого рода  $i = \text{const.}$  уравненія ( $\eta$ ) принимаютъ видъ:

$$K_n = \frac{h_n}{h_o} = \frac{1 + \mu'_1 \cos \varepsilon_n + \nu'_1 \cos 2 \varepsilon_n}{1 + \mu'_1 \cos \varepsilon_o + \nu'_1 \cos 2 \varepsilon_o} \cdot \frac{\cos \varepsilon_o}{\cos \varepsilon_n} \quad (\eta)_1$$

Для точекъ второго рода,  $\varepsilon = \text{const.}$  эти уравненія будутъ:

$$K_n = \frac{h_n}{h_o} = \frac{1 + \mu' \cos i_n + \nu' \cos 2 i_n}{1 + \mu' \cos i_o + \nu' \cos 2 i_o} \quad (\eta)_2$$

Достаточно слѣдовательно наблюденій въ трехъ точкахъ ( $i_o \varepsilon_o$ ,  $i_1 \varepsilon_1$ ,  $i_2 \varepsilon_2$ ) первого рода и столькихъ же точкахъ второго рода для определенія коэффициентовъ  $\mu' \nu'$ ;  $\mu'_1 \nu'_1$ .

Въ частномъ случаѣ, когда функция  $f(i \varepsilon)$  симметрична относительно  $i$  и  $\varepsilon$  и

$$\mu' = \mu'_1; \quad \nu' = \nu'_1, \quad (\vartheta)$$

очевидно достаточно наблюдений въ точкахъ одного рода для определенія коэффициентовъ  $\mu'$  и  $\nu'$ .

Мы во всемъ дальнѣйшемъ ограничимся разсмотрѣніемъ именно этого частнаго случая, такъ какъ при обработкѣ нашихъ наблюдений не выяснилась съ определенностью необходимость примѣненія къ нимъ общаго случая.

Определеніе всѣхъ постоянныхъ ряда Фурье изъ наблюдений относительной яркости въ разныхъ точкахъ планеты очевидно невозможно и поэтому можно бы сразу исключить изъ разсмотрѣнія свободный членъ доложивъ

$$\lambda = 1.$$

Въ виду дальнѣйшаго однако оставимъ пока  $\lambda$  неопределеннымъ.

Найденные значения коэффициентовъ являются первымъ приближенiemъ къ ихъ истиннымъ значениямъ, удовлетворяющимъ всѣмъ точкамъ поверхности планеты. Исправление ихъ возможно по дифференциальнымъ формуламъ ( $\vartheta$ ) параграфа 5-го.

**§ 4.** Въ случаѣ планетъ, у которыхъ атмосфера имѣеть замѣтное вліяніе на распределеніе яркости на дискѣ можно примѣнить еще другой способъ для определенія приближенныхъ значеній коэффициентовъ  $\lambda \mu \nu$ .

Въ формулѣ (5) полагаемъ въ первомъ приближеніи

$$f(i \varepsilon) = \text{const.} \quad (i)$$

такъ что

$$C e^{\varphi(i) + \varphi(\varepsilon)} = (\lambda + \mu \cos i + \nu \cos 2i) (\lambda + \mu \cos \varepsilon + \nu \cos 2\varepsilon) \quad (5)^*$$

и

$$e^{\varphi(z)} = \frac{1}{\sqrt{C}} (\lambda + \mu \cos z + \nu \cos 2z) = \lambda_0 + \mu_0 \cos z + \nu_0 \cos 2z \quad (x)$$

въ уравненіяхъ (x), выписанныхъ для ряда произвольно заданныхъ угловъ  $z$ , мы имѣемъ систему линейныхъ уравненій для определенія приближенныхъ значеній  $\lambda_0 \mu_0 \nu_0$ , если видъ функций  $\varphi(z)$  будетъ намъ извѣстенъ.

Для нахожденія коэффициентовъ послѣдней положимъ въ ураненіи (x), согласно нашей гипотезѣ, что  $f(i \varepsilon) = \text{const}$ , третій членъ лѣвой части = 0, а правую часть этого уравненія или функцию  $\varphi(z)$  выпишемъ съ лишнимъ третьимъ коэффициентомъ  $C_1$ .

Получимъ систему  $n$  уравненій вида

$$\begin{aligned} \lg \frac{h_n}{h_0} + \log \frac{\cos \varepsilon_n}{\cos \varepsilon_0} &= A_1 [(\sec i_n + \sec \varepsilon_n) - (\sec i_0 + \sec \varepsilon_0)] + B_1 [\sec i_n \operatorname{tg}^2 i_n + \sec \varepsilon_n \operatorname{tg}^2 \varepsilon_n - (\sec i_0 \operatorname{tg}^2 i_0 + \\ &+ \sec \varepsilon_0 \operatorname{tg}^2 \varepsilon_0)] + C_1 [\sec i_n \operatorname{tg}^4 i_n + \sec \varepsilon_n \operatorname{tg}^4 \varepsilon_n - (\sec i_0 \operatorname{tg}^4 i_0 + \sec \varepsilon_0 \operatorname{tg}^4 \varepsilon_0)] \end{aligned} \quad (x)^*$$

въ которыхъ коэффициенты  $A_1 B_1 C_1$  уже не будутъ имѣть прежняго физического значенія, а будутъ чисто эмпирическими соотвѣтствующими нашей гипотезѣ (i). Рѣшеніе системы уравненій (x)\* по способу наименьшихъ квадратовъ дастъ намъ такія значенія ихъ, которая могутъ служить для подстановки въ лѣвую часть уравненій (x).

Рѣшеніе этой послѣдней системы уравненій относительно коэффициентовъ,  $\lambda_0 \mu_0 \nu_0$ , приведетъ къ такимъ значеніямъ ихъ, которая будутъ удовлетворять наблюденіямъ столь же точно, какъ и эмпирическая функция  $\varphi(z)$ , въ чемъ для контроля вычисленій слѣдуетъ убѣдиться, составивъ уравненія вида

$$\log \frac{h_n}{h_0} + \log \frac{\cos \varepsilon_n}{\cos \varepsilon_0} = \log \frac{(\lambda_0 + \mu_0 \cos i_n + \nu_0 \cos 2i_n)}{(\lambda_0 + \mu_0 \cos i_0 + \nu_0 \cos 2i_0)} \frac{(\lambda_0 + \mu_0 \cos \varepsilon_n + \nu_0 \cos 2\varepsilon_n)}{(\lambda_0 + \mu_0 \cos \varepsilon_0 + \nu_0 \cos 2\varepsilon_0)} \quad (7)^*$$

Но значения эти конечно нуждаются въ поправкахъ, чтобы удовлетворять уравненіямъ (5) при дѣйствительномъ видѣ функций  $f(i \varepsilon)$ . Строго говоря, при произвольномъ видѣ этой функции, найденные значения  $\lambda_0 \mu_0 \nu_0$  могутъ быть очень далеки отъ истины; но на практикѣ исправленіе ихъ по дифференціальнымъ формуламъ въ случаѣ, если атмосфера оказываетъ значительное вліяніе на наблюденное распределеніе яркостей, является возможнымъ.

**§ 5. Исправленіе коэффициентовъ.** Раздѣливъ найденные значения  $\mu_0 \nu_0$  на  $\lambda_0$ , будемъ искать такихъ поправокъ къ значеніямъ  $\mu'_0 = \frac{\mu_0}{\lambda_0}$  и  $\nu'_0 = \frac{\nu_0}{\lambda_0}$ , чтобы новыя ихъ значения

$$\mu' = \mu'_0 + \Delta \mu', \quad \nu' = \nu'_0 + \Delta \nu'$$

въ точности удовлетворяли уравненіямъ (7)\*.

Обозначимъ

$$1 + \mu' \cos i_n + \nu' \cos 2 i_n = a_n$$

$$1 + \mu' \cos \epsilon_n + \nu' \cos 2 \epsilon_n = \beta_n$$

Имѣемъ уравненія

$$\log \frac{h_n \cos \epsilon_n}{h_o \cos \epsilon_o} = \log \frac{(1 + \mu' \cos i_n + \nu' \cos 2 i_n) (1 + \mu' \cos \epsilon_n + \nu' \cos 2 \epsilon_n)}{(1 + \mu' \cos i_o + \nu' \cos 2 i_o) (1 + \mu' \cos \epsilon_o + \nu' \cos 2 \epsilon_o)}$$

и разлагая правую часть ихъ до первыхъ степеней поправокъ  $\Delta \mu'$  и  $\Delta \nu'$  получимъ

$$\begin{aligned} \log \frac{h_n \cos \epsilon_n}{h_o \cos \epsilon_o} - \log \frac{a_n \beta_n}{a_o \beta_o} = & \text{Mod.} \left[ \frac{a_o \beta_o (\beta_n \cos i_n + a_n \cos \epsilon_n) - a_n \beta_n (\beta_o \cos i_o + a_o \cos \epsilon_o)}{a_n \beta_n a_o \beta_o} \Delta \mu' + \right. \\ & \left. + \frac{a_o \beta_o (\beta_n \cos 2 i_n + a_n \cos 2 \epsilon_n) - a_n \beta_n (\beta_o \cos 2 i_o + a_o \cos 2 \epsilon_o)}{a_n \beta_n a_o \beta_o} \Delta \nu' \right] \end{aligned} \quad (9)$$

Рѣшеніе этой системы уравненій относительно  $\Delta \mu'$  и  $\Delta \nu'$  по способу наименьшихъ квадратовъ приведетъ насъ къ искомымъ значеніямъ коэффициентовъ  $\mu'$  и  $\nu'$ .

**§ 6.** Укажемъ еще на одинъ частный случай нахожденія коэффициентовъ  $\lambda$   $\mu$   $\nu$ , представившійся въ нашей практикѣ.

Для планетъ покрытыхъ густымъ слоемъ облаковъ, каковы Венера, Юпитеръ и Сатурнъ, мы послѣ многочисленныхъ пробъ убѣдились, что законъ диффузного отраженія отъ такого слоя весьма близко представляется въ видѣ:

$$f(i \cdot \epsilon) = \cos \epsilon \quad (\lambda)^{**}$$

Въ этомъ случаѣ въ уравненіяхъ (8) второй и третій членъ лѣвой части сокращаются. Найденные изъ системы  $n$  уравненій вида:

$$\log \frac{h_n}{h_o} = A_1 [(\sec i_n + \sec \epsilon_n) - (\sec i_o + \sec \epsilon_o)] + B_1 [\sec i_n \operatorname{tg}^2 i_n + \sec \epsilon_n \operatorname{tg}^2 \epsilon_n - (\sec i_o \operatorname{tg}^2 i_o + \sec \epsilon_o \operatorname{tg}^2 \epsilon_o)] \quad (8)^{**}$$

значенія коэффициентовъ  $A_1$  и  $B_1$  весьма удовлетворяютъ лѣвымъ частямъ этихъ уравненій.

Уравненіе ( $\lambda$ )<sup>\*\*</sup> выражаетъ, что планета представлялась бы намъ равномѣрно яркою при всѣхъ углахъ фазы, если бы удалить всю атмосферу надъ названнымъ слоемъ облаковъ.

Въ этомъ частномъ случаѣ коэффициентамъ  $\lambda$   $\mu$   $\nu$  можно придать особое значеніе. Напишемъ уравненіе ( $\zeta$ ) въ видѣ:

$$e^{\varphi(i) + \varphi(\epsilon)} f(i \cdot \epsilon) = (\lambda + \mu \cos i + \nu \cos 2 i) (\lambda + \mu \cos \epsilon + \nu \cos 2 \epsilon) \cos \epsilon \quad (\zeta)^{**}$$

и опредѣлимъ  $\lambda$   $\mu$   $\nu$  изъ уравненій вида

$$e^{\varphi(z)} = \lambda + \mu \cos z + \nu \cos 2 z \quad (\pi)^{**}$$

При такомъ условіи коэффициенты  $\lambda$  и  $\nu$  характеризуютъ только поглощеніе свѣта въ атмосферѣ планеты и мы имѣемъ, положивъ въ уравненіи ( $\alpha$ )\*\*  $z=0$ :

$$\lambda + \mu + \nu = e^A = \frac{J_o}{J} = p = \text{коэффиц. прозрачн.-атмосферы.}$$

Если уравненіе ( $\lambda$ )\*\* является строгимъ, то очевидно найденные изъ системы уравненій ( $\alpha$ )\*\* значенія  $\lambda$  и  $\nu$  такъ же точно удовлетворяютъ уравненіямъ вида:

$$\log \frac{h_n}{h_o} = \log \frac{(\lambda + \mu \cos i_n + \nu \cos 2 i_n)(\lambda + \mu \cos \epsilon_n + \nu \cos 2 \epsilon_n)}{(\lambda + \mu \cos i_o + \nu \cos 2 i_o)(\lambda + \mu \cos \epsilon_o + \nu \cos 2 \epsilon_o)} \quad (\eta)**$$

какъ коэффициенты  $A_1$  и  $B_1$  удовлетворяютъ уравненіямъ ( $\varepsilon$ )\*\* и въ поправкахъ очевидно не нуждаются.

Если же уравненіе ( $\lambda$ )\*\* является лишь приближеннымъ, то предыдущее замѣчаніе относительно физического значенія суммы  $\lambda + \mu + \nu$  теряетъ смыслъ. Въ этомъ случаѣ можно искать поправокъ коэффициентовъ  $\mu' = \frac{\mu}{\lambda}$  и  $\nu' = \frac{\nu}{\lambda}$  при помощи системы уравненій аналогичныхъ уравненіямъ ( $\delta$ ), въ которыхъ только отброшенъ множитель  $\frac{\cos \epsilon_n}{\cos \epsilon_o}$  лѣвой части.

Определеніе всѣхъ трехъ постоянныхъ  $\lambda$  и  $\nu$  изъ наблюдений относительной яркости, какъ уже сказано, невозможно. При решеніи системы уравненій ( $\alpha$ )\*\*, или аналогичныхъ имъ уравненій ( $\alpha$ ) §-а 4-го, выгодно однако имѣть три неопределенныхъ параметра, одинъ изъ которыхъ затѣмъ исключается дѣленіемъ. Во всемъ дальнѣйшемъ будемъ считать  $\lambda = 1$  и сохранимъ обозначенія  $\mu$  и  $\nu$  для  $\frac{\mu}{\lambda}$  и  $\frac{\nu}{\lambda}$ .

### Определеніе общаго количества отраженного планетою свѣта.

**§ 7.** Считая планету сферою примемъ за основную плоскость ту, которая проходитъ черезъ центры солнца, земли и планеты.

Обозначимъ черезъ  $\psi$  широту элемента поверхности  $ds$ , считаемую отъ основной плоскости къ сѣверу и югу отъ 0 до  $\pm \frac{\pi}{2}$ .

Черезъ  $\omega$  обозначимъ долготу элемента, считаемую въ основной плоскости отъ прямой, соединяющей центры планеты и земли, такъ что края видимой проекціи планеты будутъ имѣть долготы  $\pm \frac{\pi}{2}$ , при чемъ положительныя долготы считаются въ сторону положительного края планеты (т. е. въ сторону гдѣ находится солнце).

Точкиterminatorа имѣютъ тогда долготу  $-\frac{\pi}{2} + a$ , гдѣ  $a$  уголъ фазы. Углы  $i$  и  $\epsilon$  связаны съ нашими координатами уравненіями

$$\left. \begin{aligned} \cos \epsilon &= \cos \psi \cos \omega \\ \cos i &= \cos \psi \cos (\omega - a) \end{aligned} \right\} \quad (\mu)$$

Элементъ поверхности  $ds$  выразится, какъ

$$ds = \varrho^2 \cos \psi d\omega d\psi, \quad (\nu)$$

гдѣ  $\varrho$  радиусъ планеты.

Количество отраженного отъ элемента  $ds$  и прошедшего атмосферу свѣта будетъ

$$dq = \pi L (1 + \mu \cos i + \nu \cos 2 i) (1 + \mu \cos \epsilon + \nu \cos 2 \epsilon) ds =$$

$$= \pi L \varrho^2 (1 + \mu \cos i + \nu \cos 2 i) (1 + \mu \cos \epsilon + \nu \cos 2 \epsilon) \cos \psi d\omega d\psi \quad (\xi)$$

Общее же количество свѣта, отраженного планетою по направлению къ землѣ выразится двойнымъ интеграломъ:

$$Q = \pi L \varrho^2 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \int_{\alpha - \frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} d\psi d\omega (1 + \mu \cos i + \nu \cos 2i) (1 + \mu \cos \epsilon + \nu \cos 2\epsilon) \cos \psi.$$

Послѣ замѣнъ здѣсь угловъ  $i$  и  $\epsilon$  переменными интегрированія по формуламъ ( $\mu$ ), мы получимъ послѣ простыхъ преобразованій  $Q$  какъ сумму шести интеграловъ:

$$\begin{aligned} Q = \pi L \varrho^2 & \left\{ \begin{aligned} & (1 - \nu)^2 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \cos \psi d\psi \int_{\alpha - \frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} d\omega + \\ & + \mu (1 - \nu) \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \cos^2 \psi d\psi \int_{\alpha - \frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} [\cos \omega (1 + \cos a) + \sin \omega \sin a] d\omega + \\ & + 2 \nu (1 - \nu) \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \cos^3 \psi d\psi \int_{\alpha - \frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} [\cos^2 \omega (1 + \cos^2 a) + \sin^2 \omega \sin^2 a + \sin \omega \cos \omega \sin 2a] d\omega + \\ & + 2 \nu \mu \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \cos^4 \psi d\psi \int_{\alpha - \frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} [\cos^3 \omega (\cos^2 a + \cos a) + \sin \omega \cos^2 \omega (\sin a + \sin 2a) + \sin^2 \omega \cos \omega \sin^2 a] d\omega + \\ & + \mu^2 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \cos^5 \psi d\psi \int_{\alpha - \frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} [\cos^2 \omega \cos a + \sin \omega \cos \omega \sin a] d\omega + \\ & + 4 \nu^2 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \cos^6 \psi d\psi \int_{\alpha - \frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} [\cos^4 \omega \cos^2 a + \sin^2 \omega \cos^2 \omega \sin^2 a + \sin 2a \sin \omega \cos^3 \omega] d\omega \end{aligned} \right\} \quad (o) \end{aligned}$$

Интегралы, стоящіе въ скобкахъ, всѣ легко берутся. Значенія ихъ слѣдующія:

$$I = 2(1 - \nu)^2(\pi - a) = (1 - \nu)^2 A$$

$$II = \mu(1 - \nu)\pi(1 + \cos a) = \mu(1 - \nu) B$$

$$III = \frac{8}{3}\nu(1 - \nu) \left[ \pi - a + \frac{\sin 2a}{2} \right] = \nu(1 - \nu) C$$

$$IV = \frac{1}{2}\nu\mu\pi[1 + \cos a]^2 = \nu\mu D$$

$$V = \frac{2}{3}\mu^2[\sin a + (\pi - a)\cos a] = \mu^2 E$$

$$VI = \frac{16}{15}\nu^2[(\pi - a)(\cos^2 a + \frac{1}{2}) + \frac{3}{4}\sin 2a] = \nu^2 F$$

(п)

Выраженія  $A, B, C, D, E, F$  суть функціи одного только угла фазы  $\alpha$ . Для нихъ въ концѣ настоящей работы даны таблицы черезъ каждый градусъ угла  $\alpha$  отъ  $0^{\circ}$  до  $180^{\circ}$ . При помоши этихъ таблицъ съ извѣстными коэффициентами  $\mu$  и  $\nu$  легко вычислить теоретическую кривую фазы.

Мы имѣемъ для отношеній количествъ отраженного свѣта

$$\frac{Q_\alpha}{Q_0} = \frac{(1-\nu)^2 A_\alpha + \mu(1-\nu) B_\alpha + \nu(1-\nu) C_\alpha + \nu\mu D_\alpha + \mu^2 E_\alpha + \nu^2 F_\alpha}{(1-\nu)^2 A_0 + \mu(1-\nu) B_0 + \nu(1-\nu) C_0 + \nu\mu D_0 + \mu^2 E_0 + \nu^2 F_0} \quad (e)$$

гдѣ индексы  $o$  и  $\alpha$  обозначаютъ углы фазы, для которыхъ вычисляется отношеніе яркостей планеты и съ которыми мы входимъ въ таблицы нашихъ интеграловъ.

**§ 8.** Въ частномъ случаѣ, когда законъ отраженія выражается формулой  $f(i\varepsilon) = \cos \varepsilon$  (§ 6), количество отраженного отъ элемента  $ds$  и прошедшаго атмосферу свѣта выражается формулой

$$dq = \pi L \varrho^2 (1 + \mu \cos i + \nu \cos 2i) (1 + \mu \cos \varepsilon + \nu \cos 2\varepsilon) \cos \varepsilon \cos \psi d\omega d\psi$$

Общее же количество свѣта отраженного планетою къ землѣ, будетъ:

$$Q = \pi L \varrho^2 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \int_{\alpha - \frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} d\psi d\omega (1 + \mu \cos i + \nu \cos 2i) (1 + \mu \cos \varepsilon + \nu \cos 2\varepsilon) \cos \varepsilon \cos \psi.$$

И этотъ интеграль послѣ замѣны угловъ  $i$  и  $\varepsilon$  углами  $\psi$  и  $\omega$  распадается на 6 интеграловъ:

$$Q = \pi L \varrho^2 \left\{ \begin{aligned} & (1-\nu)^2 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 \psi d\psi \int_{\alpha - \frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos \omega d\omega + \\ & + \mu(1-\nu) \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos^3 \psi d\psi \int_{\alpha - \frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} [\cos^2 \omega (1 + \cos \alpha) + \sin \alpha \sin \omega \cos \omega] d\omega + \\ & + 2\nu(1-\nu) \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos^4 \psi d\psi \int_{\alpha - \frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} [\cos^3 \omega (1 + \cos^2 \alpha) + \sin^2 \alpha \sin^2 \omega \cos \omega + 2 \sin \alpha \cos \alpha \cos^2 \omega \sin \omega] d\omega + \\ & + 2\nu\mu \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos^5 \psi d\psi \int_{\alpha - \frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} [\cos^4 \omega (\cos \alpha + \cos^2 \alpha) + \cos^3 \omega \sin \omega (\sin \alpha + \sin 2\alpha) + \sin^2 \alpha \sin^2 \omega \cos^2 \omega] d\omega + \\ & + \mu^2 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos^6 \psi d\psi \int_{\alpha - \frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} [\cos^8 \omega \cos \alpha + \cos^2 \omega \sin \omega \sin \alpha] d\omega + \\ & + 4\nu^2 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos^7 \psi d\psi \int_{\alpha - \frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} [\cos^5 \omega \cos^2 \alpha + \cos^8 \omega \sin^2 \omega \sin^2 \alpha + \sin 2\alpha \sin \omega \cos^4 \omega] d\omega \end{aligned} \right\} \quad (o)*$$

Всѣ интегралы легко берутся. Обозначая ихъ, независимо отъ постояннаго множителя  $\pi L \varrho^2$ , по порядку римскими цифрами съ индексомъ, имѣемъ:

$$\left. \begin{aligned} I' &= (1 - \nu)^2 \frac{\pi}{2} (1 + \cos a) = (1 - \nu)^2 A' \\ II' &= \frac{2\mu(1-\nu)}{3} (1 + \cos a) [(\pi - a) + \sin a] = \mu(1 - \nu) B' \\ III' &= \frac{1}{4} \nu (1 - \nu) \pi [(1 + \cos a) (3 + \cos^2 a) + \sin 2a \sin a] = \nu(1 - \nu) C' \\ IV' &= \frac{4}{15} \nu \mu [(\pi - a + \sin a) (3 \cos a + 2 \cos^2 a + 1) + \sin^3 a] = \nu \mu D' \\ V' &= \frac{\pi \mu^2}{8} (1 + \cos a)^2 = \mu^2 E' \\ VI' &= \frac{1}{6} \nu^2 \pi (1 + \cos a)^3 = \nu^2 F' \end{aligned} \right\} \quad (\pi)^*$$

Для выражений  $A'$   $B'$   $C'$   $D'$   $E'$   $F'$  тоже составлены таблицы черезъ каждый градусъ угла  $a$  отъ 0 до 180. Для вычислениія кривой фазы имѣемъ аналогично предыдущему:

$$\frac{Q_\alpha}{Q_o} = \frac{(I' + II' + III' + IV' + V' + VI')_\alpha}{(I' + II' + III' + IV' + V' + VI')_o} \quad (\varrho)^*$$

### Исправление коэффициентовъ $\mu'$ , $\nu'$ по кривой измѣненія общей яркости планеты.

Найденные изъ наблюдений относительной яркости разныхъ точекъ планеты значения коэффициентовъ  $\mu'_o$  и  $\nu'_o$  могутъ быть не точны, съ одной стороны вслѣдствіе систематическихъ ошибокъ въ опредѣлениі линейныхъ координатъ фотометрируемыхъ точекъ и возникающихъ отсюда ошибокъ въ вычисленныхъ углахъ  $i$  и  $\epsilon$ , съ другой стороны потому, что на краяхъ планеты дѣйствительное распределеніе яркости не доступно изслѣдованию и найденные формулы могутъ плохо представлять паденіе яркости для угловъ  $i$  и  $\epsilon$  большихъ примѣрно  $70^\circ$ . Въ виду этого теоретическая, вычисленная по формулѣ (q)\* или (q) кривая фазы будетъ отклоняться отъ наблюденной.

Исправление коэффициентовъ  $\mu'_o$   $\nu'_o$  по дифференціальнымъ формуламъ изъ названныхъ уклоненій приобрѣтаетъ особое значеніе, открывая путь къ изученію указанныхъ ошибокъ.

Отбросивъ индексы у  $A'$ ,  $B'$ ... въ формулѣ (q)\* будемъ трактовать тождественныя тогда формулы (q) и (q)\* какъ одну.

Имѣемъ:

$$\frac{Q_\alpha}{Q_o} = \frac{(1 - \nu'_o)^2 A_o + \mu'_o (1 - \nu'_o) B_o + \nu'_o (1 - \nu'_o) C_o + \nu'_o \mu'_o D_o + \mu'^2 o E_o + \nu'^2 o F_o}{(1 - \nu'_o)^2 A_o + \mu'_o (1 - \nu'_o) B_o + \nu'_o (1 - \nu'_o) C_o + \nu'_o \mu'_o D_o + \mu'^2 o E_o + \nu'^2 o F_o} = \frac{\psi_\alpha (\mu'_o \nu'_o)}{\psi_o (\mu'_o \nu'_o)}$$

Обозначимъ яркости планеты въ оппозиціи и при углѣ фазы  $a$  черезъ  $J_o$  и  $J_\alpha$ , и черезъ  $\mu$  и  $\nu$  истинныя значения коэффициентовъ, такъ что

$$\mu = \mu'_o + \Delta \mu; \nu = \nu'_o + \Delta \nu.$$

Тогда  $\frac{J_\alpha}{J_o} = \frac{N^{-m_\alpha}}{N^{-m_o}} = \frac{\psi_\alpha (\mu \nu)}{\psi_o (\mu \nu)}$  и пусть  $K = \frac{N^{-m_o}}{\psi_o (\mu'_o \nu'_o)} \cdot \frac{\psi_o (\mu'_o \nu'_o)}{\psi_o (\mu \nu)} = K_o \frac{\psi (\mu'_o \nu'_o)}{\psi_o (\mu \nu)}$  гдѣ  $m$  есть яркость планеты въ зв. величинахъ, а  $N = 2.512$ .

Тогда имеемъ

$$\bar{N}^{-m_\alpha} = K \psi_\alpha(\mu \nu) = K_0 \psi_\alpha(\mu'_o + \Delta \mu, \nu'_o + \Delta \nu) \frac{\psi_o(\mu'_o \nu'_o)}{\psi_o(\mu'_o + \Delta \mu, \nu'_o + \Delta \nu)}$$

Логариомирия это выражение и разлагая функцию  $\psi$  въ рядъ до первыхъ степеней  $\Delta \mu$  и  $\Delta \nu$  получимъ:

$$-0.4 m_\alpha - \log K_0 \psi_\alpha(\mu'_o \nu'_o) = M \left( \frac{\frac{\partial \psi_\alpha(\mu'_o \nu'_o)}{\partial \mu'_o}}{\psi_\alpha(\mu'_o \nu'_o)} - \frac{\frac{\partial \psi_\alpha(\mu'_o \nu'_o)}{\partial \nu'_o}}{\psi_\alpha(\mu'_o \nu'_o)} \right) \Delta \mu + M \left( \frac{\frac{\partial \psi_\alpha(\mu'_o \nu'_o)}{\partial \nu'_o}}{\psi_\alpha(\mu'_o \nu'_o)} - \frac{\frac{\partial \psi_\alpha(\mu'_o \nu'_o)}{\partial \mu'_o}}{\psi_\alpha(\mu'_o \nu'_o)} \right) \Delta \nu (\sigma)$$

гдѣ

$$\frac{\partial \psi}{\partial \mu'_o} = B + 2 \mu'_o E + \nu'_o (D - B)$$

$$\frac{\partial \psi}{\partial \nu'_o} = C - 2 A + 2 \nu'_o (A + F - C) + \mu'_o (D - B)$$

Составивъ систему такихъ уравненій для разныхъ произвольно выбранныхъ угловъ, отъ  $\alpha$  близкаго къ  $0^\circ$  до максимальнаго для данной планеты, и решивъ ее по способу наименьшихъ квадратовъ, найдемъ поправки  $\Delta \mu$  и  $\Delta \nu$  къ исходнымъ значеніямъ коэффициентовъ, причемъ точка совпаденія теоретической и наблюденной кривой фазы, лежавшая благодаря выбору значенія  $K_0$  около  $\alpha = 0$ , очевидно перемѣстится.

Логариомическая форма уравненій выбрана съ цѣлью придать имъ одинаковый вѣсъ.

## IV.

### О вычислении угловъ паденія и отраженія свѣта.

**§ 1.** Опредѣленіе планетографическихъ<sup>1)</sup> координатъ точекъ поверхности планеты по линейнымъ координатамъ, измѣреннымъ на видимой проекціи его и считаемымъ отъ центра видимаго эллипса<sup>2)</sup>.

Пусть будутъ  $xuz$  планетоцентрическія прямоугольныя координаты точки поверхности планеты, отнесенные къ ея экватору, какъ плоскости  $xy$ ;

$\xi\eta\zeta$  геоцентрическія координаты той же точки, отнесенные къ системѣ параллельныхъ осей съ началомъ въ центрѣ земли;

$rbl$  и  $\varrho\beta\lambda$  соотвѣтствующія планетоцентрическія и геоцентрическія сферические координаты;

$RBL$  геоцентрическія, сферические координаты центра планеты.

Тогда мы имѣемъ

$$\left. \begin{array}{l} \xi = \varrho \cos \beta \cos \lambda = r \cos b \cos l + R \cos B \cos L \\ \eta = \varrho \cos \beta \sin \lambda = r \cos b \sin l + R \cos B \sin L \\ \zeta = \varrho \sin \beta = r \sin b + R \sin B \end{array} \right\} \quad \text{I}$$

Направимъ ось  $x$  такъ, чтобы она имѣла долготу  $L$ , тогда предыдущія уравненія примутъ видъ:

$$\left. \begin{array}{l} \varrho \cos \beta \cos (\lambda - L) = r \cos b \cos (l - L) + R \cos B \\ \varrho \cos \beta \sin (\lambda - L) = r \cos b \sin (l - L) \\ \varrho \sin \beta = r \sin b + R \sin B \end{array} \right\} \quad \text{II}$$

Вообразимъ, геоцентрическую сферу и пусть  $\zeta$  будетъ полюсомъ планетнаго,  $P$  полюсомъ земного экватора,  $R$  центръ планеты. Тогда планетоцентрическія линейныя координаты точки  $F$  поверхности будутъ:

$$u = s \sin (p - P)$$

$$v = s \cos (p - P)$$

1) Подъ планетографическими координатами точекъ поверхности планеты будемъ разумѣть величины аналогичныя географическимъ координатамъ для земли.

2) При выводѣ формулъ §-а 1-го мы пользовались записками лекцій N. Struve, „Vorlesungen über Sattelitentheorie“.

гдѣ  $P$  и  $p$  суть позиционные углы малой оси эллипсоида и дуги  $PF$ , длина которой равна  $s$ . Изъ сферического треугольника  $\zeta FP$ , въ которомъ

$$\left| \begin{array}{l} \zeta P = 90 - B \\ PF = s \\ \angle \zeta PF = p - P \end{array} \right| \quad \left| \begin{array}{l} \angle P \zeta F = \lambda - L \\ \zeta F = 90 - \beta \end{array} \right.$$

получимъ:

$$\begin{aligned} \sin s \sin(p - P) &= \cos \beta \sin(\lambda - L) \\ \sin s \cos(p - P) &= \sin \beta \cos B - \cos \beta \sin B \cos(\lambda - L) \\ \cos s &= \sin \beta \sin B + \cos \beta \cos B \cos(\lambda - L) \end{aligned}$$

Умножая эти уравненія на  $\varrho$  и полагая  $\sin s = s$ ;  $\cos s = 1$ , при помощи уравненій вторыхъ приведемъ ихъ къ слѣдующему виду:

$$\left. \begin{aligned} \varrho \sin s \sin(p - P) &= \varrho u = r \cos b \sin(l - L) \\ \varrho \sin s \cos(p - P) &= \varrho v = r \sin b \cos B - r \cos b \cos(l - L) \sin B \\ \varrho \cos s &= \varrho = r \sin b \sin B + r \cos b \cos(l - L) \cos B \end{aligned} \right\} \quad IV$$

Такъ какъ

$$\begin{aligned} x &= r \cos b \cos l \\ y &= r \cos b \sin l \\ z &= r \sin b \end{aligned}$$

то мы можемъ уравненія IV написать въ видѣ:

$$\left. \begin{aligned} \varrho u &= y \cos L - x \sin L \\ \varrho v &= z \cos B - (x \cos L + y \sin L) \sin B \\ \varrho &= R + z \sin B + (x \cos L + y \sin L) \cos B \end{aligned} \right\} \quad V$$

Введемъ теперь приведенную широту  $\nu$  и долготу  $\mu$  при помощи уравненій

$$\begin{aligned} x &= a \cos \mu \cos \nu = r \cos b \cos l \\ y &= a \sin \mu \cos \nu = r \cos b \sin l \\ z &= c \sin \nu = r \sin b \end{aligned}$$

изъ которыхъ слѣдуетъ:

$$\begin{aligned} \frac{y}{x} &= \operatorname{tg} l = \operatorname{tg} \mu; \mu = l \\ \frac{z}{y} &= \frac{c}{a} \operatorname{tg} \nu \operatorname{cosec} \mu = \operatorname{tg} b \operatorname{cosec} l; \operatorname{tg} \nu = \frac{c}{a} \operatorname{tg} b \end{aligned}$$

Тогда уравненія V примутъ слѣдующій видъ:

$$\left. \begin{aligned} \varrho u &= a \sin \mu \cos \nu \cos L - a \cos \mu \cos \nu \sin L = a \cos \nu \sin(\mu - L) \\ \varrho v &= c \sin \nu \cos B - a \cos(\mu - L) \sin B \cos \nu \end{aligned} \right\} \quad VI$$

Но замѣняя  $\varrho$  черезъ  $R$  и сохраняя обозначенія  $a$  и  $c$  для

$$\frac{a}{R} \text{ и } \frac{c}{R}$$

мы получаемъ:

$$\left. \begin{array}{l} u = a \cos \nu \sin (\mu - L) \\ v = c \sin \nu \cos B - a \cos \nu \cos (\mu - L) \sin B \end{array} \right\}$$

VII

Намъ остается только решить эти уравненія относительно  $\nu$  и  $\mu - L$ . Сначала мы исключимъ  $\mu - L$ .

Имѣемъ

$$u^2 \sin^2 B + (v - c \sin \nu \cos B)^2 = a^2 \sin^2 B \cos^2 \nu = a^2 \sin^2 B - a^2 \sin^2 B \sin^2 \nu$$

или

$$\sin^2 \nu (a^2 \sin^2 B + c^2 \cos^2 B) - 2vc \sin \nu \cos B = a^2 \sin^2 B - u^2 \sin^2 B - v^2 = (a^2 - u^2) \sin^2 B - v^2$$

и такъ какъ

$$a^2 \sin^2 B + c^2 \cos^2 B = a^2 (1 - e^2 \cos^2 B) = p^2$$

гдѣ  $p$  есть длина перпендикуляра изъ центра эллипсоида на касательную къ его поверхности, проведенную съ земли, то

$$p^2 \sin^2 \nu - 2vc \sin \nu \cos B = (a^2 - u^2) \sin^2 B - v^2$$

или

$$\begin{aligned} \left( p \sin \nu - \frac{vc \cos B}{p} \right)^2 &= (a^2 - u^2) \sin^2 B - v^2 \left( 1 - \frac{c^2 \cos^2 B}{p^2} \right) = \\ &= (a^2 - u^2) \sin^2 B - v^2 \left( \frac{a^2 - a^2 e^2 \cos^2 B - a^2 \cos^2 B + a^2 e^2 \cos^2 B}{p^2} \right) = \\ &= (a^2 - u^2) \sin^2 B - \frac{v^2}{p^2} a^2 \sin^2 B = a^2 \sin^2 B \left( 1 - \frac{u^2}{a^2} - \frac{v^2}{p^2} \right) \end{aligned}$$

Отсюда слѣдуетъ:

$$p \sin \nu = \frac{vc \cos B}{p} \pm \sqrt{1 - \frac{u^2}{a^2} - \frac{v^2}{p^2}} a \sin B.$$

$$\sin \nu = \frac{vc \cos B}{p^2} \pm \frac{a \sin B}{p} \sqrt{Q}$$

гдѣ обозначено

$$Q = 1 - \frac{u^2}{a^2} - \frac{v^2}{p^2}$$

Подставляя это значеніе  $\sin \nu$  во второе изъ уравненій VII мы получимъ:

$$\begin{aligned} a \cos \nu \cos (\mu - L) &= -\frac{v}{\sin B} + \frac{c \sin \nu \cos B}{\sin B} = -\frac{v}{\sin B} + \frac{vc^2 \cos^2 B}{p^2 \sin B} \pm \frac{ac \cos B}{p} \sqrt{Q} = \\ &= \frac{v}{\sin B} \left( \frac{c^2 \cos^2 B}{p^2} - 1 \right) \pm \frac{ac \cos B}{p} \sqrt{Q} = -\frac{va^2 \sin B}{p^2} \pm \frac{ac \cos B}{p} \sqrt{Q}; \end{aligned}$$

Такимъ образомъ окончательные уравненія для приведенной широты  $\nu$  и долготы  $\mu$  точки  $F$  слѣдующія:

$$\left. \begin{aligned} \cos \nu \sin (\mu - L) &= \frac{u}{a} \\ \cos \nu \cos (\mu - L) &= \frac{a \sin B}{p^2} v - \frac{c \cos B}{p} \sqrt{1 - \frac{u^2}{a^2} - \frac{v^2}{p^2}} \end{aligned} \right\}$$
VIII

гдѣ знакъ  $+$  отброшенъ, потому что онъ соотвѣтствуетъ невидимой сторонѣ планеты.

Приведенная широта  $\mu$  точки  $F$  преобразуется въ планетографическую  $\varphi$  по формулѣ:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\operatorname{tg} \nu}{\sqrt{1 - e^2}}$$
IX

### § 2. Определеніе угловъ паденія и отраженія свѣта.

Вообразимъ сферу съ центромъ въ точкѣ  $F$  поверхности планеты. Изъ треугольника между полюсомъ планеты  $\zeta$ , зенитомъ  $F$  и землею  $E$ , въ которомъ сторона  $FE$  есть уголъ отраженія  $\epsilon$ , а уголъ у полюса есть  $\mu - L - 180^\circ$  имѣемъ

$$\cos \epsilon = -\sin B \sin \varphi - \cos B \cos \varphi \cos (\mu - L)$$
X

Изъ треугольника между солнцемъ  $S$ , зенитомъ  $F$  и полюсомъ  $\zeta$ , въ которомъ сторона  $SF$  равна углу отраженія  $i$ , а уголъ у полюса есть  $\mu - L' - 180^\circ$ , заключаемъ, что

$$\cos i = -\sin B' \sin \varphi - \cos B' \cos \varphi \cos (\mu - L')$$
XI

гдѣ черезъ  $B' L'$  обозначены геліоцентрическія широта и долгота планеты.

Примѣнимъ теперь выведенныя формулы къ частнымъ случаямъ, встрѣчавшимся въ нашихъ наблюденіяхъ.

### § 3. Юпитеръ и Сатурнъ.

У этихъ планетъ, имѣющихъ большое сжатіе, мы ориентировали наблюденія по большей и малой оси видимаго эллипса. Обѣ планеты имѣютъ столь малые углы фазы, что центръ освѣщенного диска можно принять совпадающимъ съ центромъ всей ихъ проекціи (ошибка для Юпитера въ элонгаціи не превышаетъ 0.01 радиуса).

Кромѣ центра планеты (точка 1), относительно котораго измѣрялись всѣ яркости, наблюденія производились въ точкахъ:

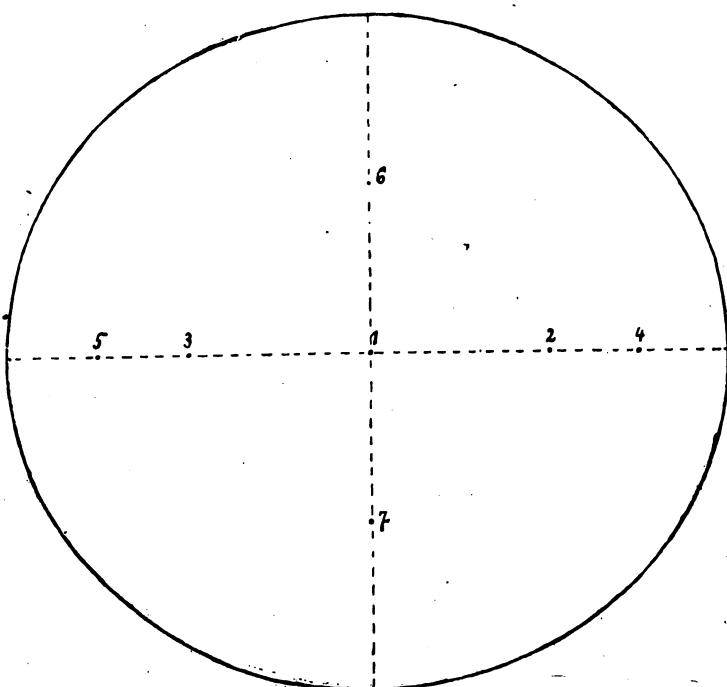


Рис. 1.

2 и 3 на разстоянії  $\frac{1}{2}$  большой полуоси отъ центра } Четныя точки въ сторону солнца.  
 4 и 5        "         $\frac{3}{4}$         "        "        "        " }  
 6 и 7        "         $\frac{1}{2}$  малой        "        "        "        къ южному и съверному полюсу  
 планеты.

Формула VIII для этихъ семи случаевъ принимаетъ слѣдующій видъ:

- Точка 1.  $u = 0; v = 0;$  отсюда  $\mu - L = \pi;$   $\cos \nu = \frac{c \cos B}{p}$
2.  $\frac{u}{a} = \pm \frac{1}{2}; v = 0;$      "      $\cos \nu \sin (\mu - L) = \pm \frac{1}{2}; \cos \nu \cos (\mu - L) = -\frac{c}{2p} \cos B \sqrt{3}$
3.  $\frac{u}{a} = \mp \frac{1}{2}; v = 0;$      "      $\cos \nu \sin (\mu - L) = \mp \frac{1}{2}; \cos \nu \cos (\mu - L) = -\frac{c}{2p} \cos B \sqrt{3}$
4.  $\frac{u}{a} = \pm \frac{3}{4}; v = 0;$      "      $\cos \nu \sin (\mu - L) = \pm \frac{3}{4}; \cos \nu \cos (\mu - L) = -\frac{c}{2p} \cos B \sqrt{7}$
5.  $\frac{u}{a} = \mp \frac{3}{4}; v = 0;$      "      $\cos \nu \sin (\mu - L) = \mp \frac{3}{4}; \cos \nu \cos (\mu - L) = -\frac{c}{2p} \cos B \sqrt{7}$
6.  $u = 0; \frac{v}{p} = \frac{1}{2};$      "      $\mu - L = \pi; \cos \nu = -\frac{a \sin B}{2p} + \frac{c \cos B}{2p} \sqrt{3}$
7.  $u = 0; \frac{v}{p} = -\frac{1}{2};$      "      $\mu - L = \pi; \cos \nu = +\frac{a \sin B}{2p} + \frac{c \cos B}{2p} \sqrt{3}$

Такъ какъ ось  $u$  направлена къ востоку, то верхній знакъ относится къ наблюденіямъ до оппозиціи нижній къ наблюденіямъ послѣ оппозиціі.

#### § 4. Марсъ и Венера.

Марса мы наблюдали двумя способами.

Вблизи оппозиціі, орієнтировка производилась по большой оси видимой проекціи его, какъ и въ случаѣ Юпитера. Вслѣдствіе малости диска измѣренія производились только въ 3-хъ точкахъ (1, 2, 3 пред. черт.). При маломъ сжатіи Марса можно въ формулахъ VIII положить  $p = c$ . Но для точки 3 нельзя пренебрегать фазою, какъ въ случаѣ Юпитера. Достаточно положить для нея  $\frac{u}{a} = \mp \frac{\cos \alpha}{2}$ . Мы имѣемъ тогда слѣдующія формулы для угловъ  $\mu$  и  $\nu$ :

1.  $u = 0; v = 0; \mu - L = \pi; \cos \nu = \cos B;$
2.  $\frac{u}{a} = \pm \frac{1}{2}; v = 0; \cos \nu \sin (\mu - L) = \pm \frac{1}{2}; \cos \nu \cos (\mu - L) = -\cos B \frac{\sqrt{3}}{2}$
3.  $\frac{u}{a} = \mp \frac{\cos \alpha}{2}; v = 0; \cos \nu \sin (\mu - L) = \mp \frac{\cos \alpha}{2}; \cos \nu \cos (\mu - L) = -\cos B \frac{\sqrt{3 + \sin^2 \alpha}}{2}$

При наблюденіяхъ Марса, начиная съ № 8, и наблюденіяхъ Венеры орієнтировка производилась по большому кругу, проходящему черезъ землю и солнце (ось  $u$ ).

Пренебрегая сжатіемъ направимъ на круговомъ дискѣ планеты положительную часть оси  $u$  въ сторону солнца и начало координатъ возьмемъ въ центрѣ круга.

Выведемъ для этого случая общія формулы для угловъ  $i$  и  $\varepsilon$  въ функціи лінейныхъ координатъ. Вводя широту  $\psi$  надъ плоскостю  $u$  и долготу  $\omega$ , считаемую отъ направлениі къ землѣ и положительную въ сторону солнца, имъемъ

$$\begin{aligned} u &= \cos \psi \sin \omega \\ v &= s n \psi, \end{aligned}$$

гдѣ  $u$  и  $v$  выражены въ единицахъ радиуса; кроме того имъемъ формулы ( $\mu$ ) (стр. 25):

$$\begin{aligned} \cos \varepsilon &= \cos \psi \cos \omega \\ \cos i &= \cos \psi \cos (\omega - a) \end{aligned}$$

Исключивъ изъ этихъ уравненій  $\omega$  и  $\psi$  получимъ

$$\left. \begin{aligned} \cos i &= \cos a \sqrt{1 - (u^2 + v^2)} + u \sin a \\ \cos \varepsilon &= \sqrt{1 - (u^2 + v^2)} \end{aligned} \right\} \quad \text{XII}$$

Для точекъ лежащихъ на большомъ кругѣ, проходящемъ черезъ землю и солнце, эти формулы принимаютъ видъ

$$\left. \begin{aligned} \cos \varepsilon &= \sqrt{1 - u^2} \\ i &= \varepsilon \mp a \end{aligned} \right\} \quad \text{XII*}$$

гдѣ нижній знакъ соотвѣтствуетъ отрицательному  $u$ .

При указанныхъ выше наблюденіяхъ Марса и Венеры точка 1 бралась на оси  $u$  въ серединѣ между краями освѣщенной части диска, а точки 2, 3 на разстояніи  $1/4$  отъ краевъ (черт. 2). Для этихъ случаевъ формулы XII\* даютъ:

1.  $\sin \varepsilon = \frac{1 - \cos a}{2}; \quad i = \varepsilon - a$
2.  $\sin \varepsilon = \frac{3 - \cos a}{4}; \quad "$
3.  $\sin \varepsilon = \frac{1 - 3 \cos a}{4}; \quad i = \varepsilon \mp a$

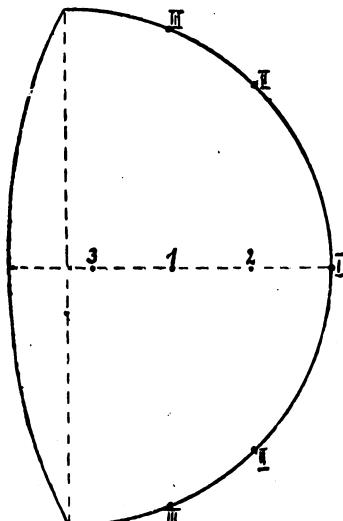


Рис. 2.

Въ послѣдніихъ наблюденіяхъ Венеры измѣренія производились на ея положительномъ краю въ серединѣ его (точка I) и въ точкахъ, взятыхъ симметрично по обѣ стороны ея на половинѣ (точки II) и на  $3/4$  (точки III) дуги  $\frac{\pi}{2}$ . Для этихъ случаевъ формулы XII принимаютъ видъ:

$$\text{I. } u = 1; \quad v = 0; \quad \cos i = \sin a; \quad \varepsilon = 90^\circ$$

$$\text{II. } u = \cos 45^\circ; \quad v = \sin 45^\circ; \quad \cos i = \frac{\sin a}{\sqrt{2}}; \quad \varepsilon = 90^\circ$$

$$\text{III. } u = \cos 67.5^\circ; \quad v = \sin 67.5^\circ; \quad \cos i = \sin a \cos 67.5^\circ; \quad \varepsilon = 90^\circ.$$

## V.

# Сатурнъ.

**§ 1.** Для Сатурна имѣется 28 наблюдений, изъ которыхъ каждое состоитъ изъ 8 наведений на каждую изъ фотометрируемыхъ точекъ. Первые 9 наблюдений произведены на рефракторъ Цейсса, слѣдующія 13 на рефракторъ Фрауэнгофера, послѣднія 6 въ Пулковѣ на 15-тидюймовомъ рефракторѣ Репсольда.

Точность наблюдений поверхностныхъ яркостей на столь малыхъ дискахъ, какими представляются планеты въ фокусной плоскости трубы, зависитъ, главнымъ образомъ, отъ двухъ причинъ. Очевидно, точность возрастаетъ съ величиной изображенія планеты, т. е. съ фокуснымъ разстояніемъ объектива. Кроме того, существенную роль играетъ правильный ходъ часоваго механизма трубы, въ значительной степени облегчая пущеніе.

Качество изображеній имѣть уже меньшее вліяніе на точность, такъ какъ въ среднемъ изъ восьми независимыхъ наведений ошибки, возникающія вслѣдствіе дрожанія фокального изображенія планеты, въ значительной степени исключаются, а размытость изображенія и отсутствіе рисунка облегчаютъ измѣреніе и даже желательны при изученіи общаго закона распределенія свѣта.

Этими соображеніями мы руководствовались при предварительной группировкѣ наблюдений, предпринятой для полученія приблизительно равноточныхъ среднихъ, менѣе искаженныхъ случайными ошибками наблюдений.

Девяти наблюденіямъ на рефракторѣ Цейсса съ фокуснымъ разстояніемъ 3.6 метра и съ хорошимъ часовымъ механизмомъ данъ такой же вѣсь, какъ 13-ти наблюденіямъ на старомъ рефракторѣ Фрауэнгофера и 6-ти наблюденіямъ на Пулковскомъ рефракторѣ съ фокуснымъ разстояніемъ 6.9 метра.

Такимъ образомъ, наблюденія на трехъ рефракторахъ просто соединены въ среднія, что удобно для изученія систематическихъ отклоненій, связанныхъ съ инструментомъ.

Въ слѣдующей таблицѣ сопоставлены углы паденія и отраженія въ 5-ти фотометрированныхъ точкахъ планеты, вычисленные по формуламъ VIII главы четвертой для всѣхъ отдѣльныхъ наблюдений. Такъ какъ уголъ фазы для Сатурна всегда малъ, то углы эти мѣняются мало. Они соединены въ среднія для каждого рефрактора въ отдѣльности. Справа таблица содержитъ наблюденные относительныя яркости, а также ихъ среднія для каждого рефрактора.

Углы падения ( $i$ ) и отражения ( $\varepsilon$ ).							Относительные яркости в звездных величинах.			
№	Грин. ср. вр.	Т о ч к и					Т о ч к и			
		1	2	3	4	5	2	3	4	5
		$i$	$i$	$i$	$i$	$i$	2	3	4	5
		$\varepsilon$	$\varepsilon$	$\varepsilon$	$\varepsilon$	$\varepsilon$				
	1915									
1	февраля 6.468	7.4 <sup>0</sup> 5.4	25.0 29.7	34.6 <sup>0</sup> 29.7	43.1 <sup>0</sup> 48.0	52.9 <sup>0</sup> 48.0	0.188	0.260	0.432	0.696
2	марта 28.259	8.6 5.4	23.7 29.7	36.0 29.7	41.8 48.0	54.2 48.0	0.106	0.095	0.386	0.389
3	марта 30.249	8.5 5.4	23.8 29.7	35.9 29.7	41.9 48.0	54.2 48.0	0.174	0.272	0.444	0.698
4	марта 30.278	— —	— —	— —	— —	— —	0.103	0.225	0.313	0.651
5	апреля 9.275	8.4 5.4	24.1 29.7	35.6 29.7	42.2 48.0	53.9 48.0	0.176	0.426	0.538	0.927
6	апреля 13.288	8.2 5.4	24.2 29.7	35.5 29.7	42.3 48.0	53.8 48.0	0.159	0.186	0.574	0.625
7	апреля 14.311	8.2 5.4	24.2 29.7	35.4 29.7	42.4 48.0	53.7 48.0	0.124	0.363	0.452	0.845
8	апреля 15.332	8.1 5.4	24.3 29.7	35.4 29.7	42.4 48.0	53.7 48.0	0.118	0.314	0.419	0.824
9	мая 4.336	7.6 5.4	25.3 29.7	34.3 29.7	43.5 48.0	52.6 48.0	0.131	0.385	0.340	0.813
	Средняя	8.2 5.4	24.3 29.7	35.4 29.7	42.4 48.0	53.7 48.0	0.142	0.281	0.433	0.719
	1916									
10	января 27.349	6.3 5.2	27.3 29.8	32.5 29.7	45.5 48.1	50.7 48.1	0.012	0.132	0.432	0.408
11	января 28.203	6.4 5.2	27.2 29.8	32.5 29.8	45.4 48.1	50.8 48.1	0.222	0.165	0.453	0.398
12	февраля 5.261	6.7 5.2	26.7 29.8	33.1 29.8	44.9 48.1	51.3 48.1	0.157	0.100	0.346	0.382
13	февраля 16.260	7.6 5.2	25.5 29.8	34.3 29.8	43.7 48.1	52.6 48.1	0.065	0.073	0.276	0.433
14	февраля 22.246	7.9 5.2	25.1 29.8	34.8 29.8	43.3 48.1	53.0 48.1	0.178	0.229	0.414	0.539
15	февраля 22.284	— —	— —	— —	— —	— —	0.089	0.198	0.487	0.480
16	февраля 28.245	8.2 5.2	24.7 29.8	35.2 29.8	42.8 48.1	53.4 48.1	0.129	0.299	0.525	0.604
17	марта 4.252	8.4 5.3	24.5 29.8	35.5 29.8	42.6 48.1	53.7 48.1	0.176	0.156	0.473	0.573
18	марта 26.297	8.9 5.3	23.9 29.8	36.1 29.8	42.0 48.1	54.4 48.1	0.174	0.253	0.648	0.714
19	апреля 6.320	9.0 5.2	23.9 29.8	36.1 29.8	42.0 48.1	54.3 48.1	0.180	0.219	0.640	0.734
20	апреля 7.374	8.9 5.2	23.9 29.8	36.1 29.8	42.0 48.1	54.3 48.1	0.183	0.248	0.516	0.662
21	апреля 23.324	8.6 5.2	24.4 29.8	35.7 29.8	42.5 48.1	53.9 48.1	0.215	0.328	0.641	0.790
22	апреля 24.327	8.6 5.2	24.4 29.8	35.7 29.8	42.5 48.1	53.9 48.1	0.154	0.213	0.523	0.623
	Средняя	7.9 5.2	25.1 29.8	34.8 29.8	43.3 48.1	53.0 48.1	0.149	0.201	0.490	0.565
23	апреля 29.339	8.4 5.2	24.5 29.8	35.4 29.8	42.6 48.1	53.7 48.1	0.242	0.236	0.550	0.666
24	апреля 30.360	8.4 5.2	24.6 29.8	35.4 29.8	42.7 48.1	53.6 48.1	0.199	0.199	0.565	0.672
25	мая 1.321	8.3 5.2	24.6 29.8	35.4 29.8	42.7 48.1	53.6 48.1	0.169	0.140	0.473	0.542
26	мая 3.298	8.2 5.2	24.7 29.8	35.3 29.8	42.8 48.1	53.5 48.1	0.132	0.261	0.580	0.749
27	мая 8.303	8.1 5.2	25.0 29.8	35.0 29.8	43.1 48.1	53.3 48.1	0.151	0.107	0.663	0.622
28	мая 9.285	8.0 5.2	25.0 29.8	34.9 29.8	43.2 48.1	53.2 48.1	0.265	0.398	0.725	0.844
	Средняя	8.2 5.2	24.7 29.8	35.2 29.8	42.8 48.1	53.5 48.1	0.193	0.223	0.593	0.683

Такъ какъ у этой планеты мы a priori должны ожидать вліянія атмосферы на распределеніе яркости, вычислимъ правыя части уравненій ( $\varepsilon$ ) и сопоставимъ ихъ съ наблюденными относительными яркостями въ точкахъ 2, 3, 4, 5, исправленными согласно различнымъ извѣстнымъ и гипотетическимъ законамъ диффузного отраженія (лѣвые части уравненій  $\varepsilon$ ). Вычислениe проведемъ со средними углами  $i$  и  $\varepsilon$  для каждой группы наблюдений отдельно; такимъ образомъ изъ получающихся 12-ти уравненій номера 1, 4, 7 и 10 относятся къ наблюденіямъ на рефракторъ Цейсса 2, 5, 8, 11 — къ рефрактору Фрауэнгофера 3, 6, 9, 12 — къ рефрактору Репсольда.

Правыя части уравненій равны

$$\begin{aligned} \text{I при гипотезѣ Ламберта: } & \log \frac{h_n}{h_1} - \log \frac{\cos i_n}{\cos i_1}; \\ \text{II } " " \text{ Зелигера: } & \log \frac{h_n}{h_1} - \log \frac{\cos i_n}{\cos i_1} - \log \frac{\cos \varepsilon_1 + \cos i_1}{\cos \varepsilon_n + \cos i_n} \\ \text{III } " " \text{ Эйлера: } & \log \frac{h_n}{h_1} - \log \frac{\cos i_n}{\cos i_1} - \log \frac{\cos \varepsilon_1}{\cos \varepsilon_n} \\ \text{IV } " " \text{ } f(i\varepsilon) = \text{const.}: & \log \frac{h_n}{h_1} - \log \frac{\cos \varepsilon_1}{\cos \varepsilon_n} \\ \text{V } " " \text{ } f(i\varepsilon) = \cos \varepsilon: & \log \frac{h_n}{h_1} \end{aligned}$$

№	I	II	III	IV	V
1. $0.234 A_1 + 0.568 B_1 = -0.0210$	$-0.0684$	$-0.0802$	$-0.1160$	$-0.0568$	
2. $0.243 A_1 + 0.593 B_1 = -0.0221$	$-0.0277$	$-0.0713$	$-0.0819$	$-0.1207$	$-0.0609$
3. $0.239 A_1 + 0.582 B_1 = -0.0401$		$-0.0885$	$-0.0999$	$-0.1371$	$-0.0773$
4. $0.366 A_1 + 0.965 B_1 = -0.0356$		$-0.1072$	$-0.0948$	$-0.1791$	$-0.1199$
5. $0.357 A_1 + 0.942 B_1 = +0.0005$	$-0.0137$	$-0.0699$	$-0.0593$	$-0.1406$	$-0.0808$
6. $0.362 A_1 + 0.958 B_1 = -0.0061$		$-0.0774$	$-0.0659$	$-0.1491$	$-0.0893$
7. $0.834 A_1 + 2.944 B_1 = -0.0449$		$-0.1943$	$-0.2174$	$-0.3446$	$-0.1721$
8. $0.857 A_1 + 3.051 B_1 = -0.0617$	$-0.0712$	$-0.2146$	$-0.2352$	$-0.3683$	$-0.1948$
9. $0.847 A_1 + 3.005 B_1 = -0.1070$		$-0.2583$	$-0.2805$	$-0.4105$	$-0.2370$
10. $1.162 A_1 + 4.946 B_1 = -0.0676$		$-0.2647$	$-0.2401$	$-0.4633$	$-0.2908$
11. $1.149 A_1 + 4.798 B_1 = -0.0099$	$-0.0431$	$-0.2047$	$-0.1834$	$-0.4007$	$-0.2272$
12. $1.162 A_1 + 4.895 B_1 = -0.0519$		$-0.2485$	$-0.2254$	$-0.4465$	$-0.2730$

Справа, за скобками, приведены среднія для трехъ группъ наблюдений. Разсматривая ихъ, прежде всего заключаемъ, что ни одинъ изъ законовъ диффузного отраженія не въ состояніи объяснить наблюденныхъ яркостей, если не считаться съ вліяніемъ атмосферы, ибо въ такомъ случаѣ лѣвые части уравненій должны бы равняться нулю.

Сравнивая величину коэффиціентовъ при  $A_1$  (главномъ членѣ функции  $\varphi(\varepsilon)$ , равномъ логарию прозрачности атмосферы) съ правыми частями, сразу заключаемъ, что законы Ламберта и Эйлера не могутъ быть приведены въ согласіе съ наблюденіями ни при какомъ значеніи  $A_1$ . Гипотезы I и III такимъ образомъ отпадаютъ.

---

Вопросія въ вычислениe правыхъ частей уравненій среднія относительные яркости въ нѣкоторыхъ случаяхъ отличаются отъ приведенныхъ въ таблицѣ на нѣсколько единицъ послѣдняго знака, что конечно при неточности его не могло повлиять на результатъ рѣшенія.

Рѣшеніе системы предыдущихъ уравненій при гипотезахъ II, IV и V по способу наименьшихъ квадратовъ приводитъ къ слѣдующимъ значеніямъ неизвѣстныхъ  $A_1$  и  $B_1$ :

II	IV	V
$A_1 = -0.4083 \pm 0.0804$	$= -0.6510 \pm 0.0798$	$= -0.3141 \pm 0.0686$
$B_1 = +0.0463 \pm 0.0206$	$= -0.0636 \pm 0.0205$	$= +0.0206 \pm 0.0176$

Суммы квадратовъ отклоненій, наблюденныхъ отъ вычисленныхъ правыхъ частей уравненій, равны соотвѣтственно

$$\begin{array}{ccc} 0.0070 & 0.0069 & 0.0050 \end{array}$$

Мы имѣемъ два повода отбросить гипотезы II и IV. Во первыхъ наиболѣе согласіе съ наблюденіями гипотезы V-ой.

Во вторыхъ наиболѣе правдоподобіе значеній  $A_1$  и  $B_1$  при гипотезѣ V. По гипотезѣ II и IV коэффиціенты прозрачности атмосферы Сатурна получаются равными 39% и 22%, по гипотезѣ V-ой — 49%. Первые два числа и даже третье, наиболѣе правдоподобное, поражаютъ своей малостью. Для земной атмосферы коэффиціентъ прозрачности равенъ 83%.

По теоріи Bouguer'a

$$\frac{A_1}{B_1} = -\frac{2a}{L_o}$$

гдѣ  $L_o$  есть высота однородной атмосферы, имѣющей плотность, равную плотности у ея основанія, а  $a$  есть радиусъ планеты. Для земли отношеніе  $\frac{A_1}{B_1}$  равно приблизительно 1700, а  $L_o$  равно 8 километрамъ. Отношеніе  $\frac{A_1}{B_1}$ , при гипотезѣ V, а тѣмъ болѣе при гипотезахъ II и IV, безусловно слишкомъ мало. Это объясняется, вѣроятно, фиктивностью коэффиціента  $B_1$  въ нашихъ уравненіяхъ, которая для выдѣленія вліянія атмосферы слѣдовала бы рѣшать съ однимъ только членомъ въ лѣвой части. Выполнивъ такое рѣшеніе находимъ:

$$\begin{aligned} A &= -0.2346 \pm 0.0088; \text{ отсюда слѣдуетъ} \\ \text{Коэффиц. прозр. } p &= 0.58. \end{aligned}$$

## § 2. Вычислениe коэффициентовъ $\lambda$ и $\nu$ .

Перейдемъ теперь отъ найденныхъ коэффициентовъ  $A_1$  и  $B_1$  формулы ( $\epsilon$ ) къ коэффициентамъ  $\lambda$  и  $\nu$  формулы ( $\eta$ )\*\*.

Составляемъ уравненія ( $\kappa$ )\*\* для каждыхъ 5-ти градусовъ угла  $z$  отъ 0° до 60°.

$z$	$\cos z$	$\cos 2z$	$10^{-0.3141 \sec z + 0.0206 \sec^2 z}$	$\delta_1$	$\delta_2$
0°	$\lambda + \mu 1.0000$	$+\nu 1.0000$	= 0.4851	0.0000	+ 0.0017
5°	0.9962	0.9848	0.4840	+ 0.0001	+ 0.0015
10°	0.9848	0.9397	0.4805	+ 0.0003	+ 0.0010
15°	0.9659	0.8660	0.4746	+ 0.0004	+ 0.0003
20°	0.9397	0.7660	0.4662	+ 0.0005	- 0.0005
25°	0.9068	0.6428	0.4553	+ 0.0006	- 0.0013
30°	0.8660	0.5000	0.4417	+ 0.0005	- 0.0018
35°	0.8192	0.3420	0.4254	0.0000	- 0.0019
40°	0.7660	0.1786	0.4063	- 0.0006	- 0.0014
45°	0.7071	0.0000	0.3845	- 0.0016	- 0.0002
50°	0.6428	- 0.1786	0.3604	- 0.0023	+ 0.0013
55°	0.5736	- 0.3420	0.3354	- 0.0015	+ 0.0021
60°	0.5000	- 0.5000	0.3128	+ 0.0040	+ 0.0011

Отсюда получаемъ слѣдующую систему нормальныхъ уравненій:

$$\begin{aligned} 13.0000 \lambda + 10.6676 \mu + 5.1993 \nu &= 5.5122 \\ 10.6676 \lambda + 9.0997 \mu + 5.3338 \nu &= 4.6442 \\ 5.1993 \lambda + 5.3338 \mu + 5.3970 \nu &= 2.5771 \end{aligned}$$

Рѣшеніе ея даетъ:

$$\lambda = +0.0622; \quad \mu = +0.4580; \quad \nu = -0.0351.$$

Подставляя эти значения въ систему уравненій (x)\*\*, находимъ написанныя въ предпослѣдней строкѣ подъ заголовкомъ  $\delta_1$  отклоненія отъ значеній функцій  $e^{\varphi(z)}$ . Сумма квадратовъ этихъ отклоненій равна  $[\delta_1 \delta_1] = 0.00002758$ . Если же отбросить коэффиціентъ  $\nu$  и рѣшить систему нормальныхъ уравненій относительно двухъ только неизвѣстныхъ  $\lambda$  и  $\mu$ , то получается:

$$\lambda = 0.1367 \quad \mu = 0.3501$$

и подставляя эти значения въ условныя уравненія, имѣемъ отклоненія  $\delta_2$  послѣдняго столбца. Сумма квадратовъ ихъ равна  $[\delta_2 \delta_2] = 0.00002433$ . Отсюда заключаемъ, что для представленія наблюденій достаточно двухчленной формулы.

Дѣйствительно, подставляя найденное значение

$$\mu' = \frac{\mu}{\lambda} = 2.561$$

въ уравненія вида

$$\log \frac{h_n}{h_1} = \log \frac{(1 + \mu' \cos i_n) \cdot (1 + \mu' \cos e_n)}{(1 + \mu' \cos i_1) \cdot (1 + \mu' \cos e_1)}$$

находимъ слѣдующія отклоненія наблюденныхъ отъ вычисленныхъ логарифмовъ относительныхъ яркостей

$$\left( \log \frac{h_n}{h_1} \right) \text{набл.} - \left( \log \frac{h_n}{h_1} \right) \text{выч.} = \left\{ \begin{array}{l} \left. \begin{array}{r} +0.0104 \\ +0.0101 \\ -0.0089 \end{array} \right\} +0.0039 \quad n=2 \\ \left. \begin{array}{r} -0.0120 \\ +0.0185 \\ +0.0109 \end{array} \right\} +0.0058 \quad n=3 \\ \left. \begin{array}{r} +0.0308 \\ +0.0129 \\ -0.0308 \end{array} \right\} +0.0043 \quad n=4 \\ \left. \begin{array}{r} -0.0233 \\ +0.0349 \\ -0.0096 \end{array} \right\} +0.0007 \quad n=5 \end{array} \right.$$

Отклоненія для одной и той же точки и трехъ отдельныхъ группъ наблюдений соединены въ среднія. Эти среднія показываютъ, что найденная формула удовлетворительно опредѣляетъ относительныя яркости на поверхности Сатурна въ предѣлахъ угловъ  $i$  и  $e$  отъ  $0^\circ$  до  $60^\circ$ .

Изъ предыдущей таблицы нельзя усмотрѣть какой либо систематической разности между наблюденіями на различныхъ рефракторахъ.

Чтобы вывести среднюю ошибку найденного числа  $\mu = 2.561$  и, если возможно, еще исправить его, примѣнимъ дифференциальныя формулы (v) къ отдельнымъ наблюденіямъ и при томъ раздѣльно для трехъ группъ.

Формула (8) для нашего случая иметь видъ

$$\log \frac{h_n}{h_1} - \log \left( \frac{a_n \beta_n}{a_1 \beta_1} \right) = \left\{ \frac{M}{a_n \beta_n} [\beta_n \cos i_n + a_n \cos \varepsilon_n] - \frac{M}{a_1 \beta_1} [\beta_1 \cos i_1 + a_1 \cos \varepsilon_1] \right\} \Delta \mu$$

гдѣ

$$a_n = 1 + 2.561 \cos i_n \quad \beta_n = 1 + 2.561 \cos \varepsilon_n$$

Вычисленныя для всѣхъ отдельныхъ наблюденій, эти уравненія имѣютъ слѣдующій видъ:

$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$
1. $-0.0079 \Delta \mu = -0.0058$	$-0.0115 \Delta \mu = -0.0058$	$-0.0259 \Delta \mu = +0.0350$	$-0.0334 \Delta \mu = -0.0184$
2. $-0.0075 \Delta \mu = +0.0230$	$-0.0120 \Delta \mu = +0.0644$	$-0.0250 \Delta \mu = +0.0466$	$-0.0346 \Delta \mu = +0.1115$
3. $-0.0075 \Delta \mu = -0.0039$	$-0.0119 \Delta \mu = -0.0067$	$-0.0251 \Delta \mu = +0.0238$	$-0.0346 \Delta \mu = -0.0121$
4. $-0.0075 \Delta \mu = +0.0245$	$-0.0119 \Delta \mu = +0.0121$	$-0.0251 \Delta \mu = +0.0762$	$-0.0346 \Delta \mu = +0.0067$
5. $-0.0076 \Delta \mu = -0.0039$	$-0.0119 \Delta \mu = -0.0693$	$-0.0253 \Delta \mu = -0.0123$	$-0.0344 \Delta \mu = -0.1054$
6. $-0.0077 \Delta \mu = +0.0033$	$-0.0119 \Delta \mu = +0.0265$	$-0.0254 \Delta \mu = -0.0260$	$-0.0343 \Delta \mu = +0.0149$
7. $-0.0077 \Delta \mu = +0.0171$	$-0.0118 \Delta \mu = -0.0449$	$-0.0254 \Delta \mu = +0.0229$	$-0.0342 \Delta \mu = -0.0738$
8. $-0.0078 \Delta \mu = +0.0198$	$-0.0118 \Delta \mu = -0.0253$	$-0.0254 \Delta \mu = +0.0361$	$-0.0342 \Delta \mu = -0.0654$
9. $-0.0080 \Delta \mu = +0.0175$	$-0.0113 \Delta \mu = -0.0570$	$-0.0261 \Delta \mu = +0.0734$	$-0.0332 \Delta \mu = -0.0674$
10. $-0.0088 \Delta \mu = +0.0716$	$-0.0107 \Delta \mu = +0.0891$	$-0.0276 \Delta \mu = +0.0476$	$-0.0316 \Delta \mu = +0.0849$
11. $-0.0087 \Delta \mu = -0.0127$	$-0.0108 \Delta \mu = +0.0261$	$-0.0276 \Delta \mu = +0.0388$	$-0.0317 \Delta \mu = +0.0896$
12. $-0.0086 \Delta \mu = +0.0119$	$-0.0109 \Delta \mu = +0.0540$	$-0.0272 \Delta \mu = +0.0790$	$-0.0322 \Delta \mu = +0.0988$
13. $-0.0081 \Delta \mu = +0.0449$	$-0.0114 \Delta \mu = +0.0682$	$-0.0263 \Delta \mu = +0.1006$	$-0.0332 \Delta \mu = +0.0854$
14. $-0.0080 \Delta \mu = -0.0015$	$-0.0116 \Delta \mu = +0.0073$	$-0.0261 \Delta \mu = +0.0433$	$-0.0336 \Delta \mu = +0.0453$
15. $-0.0080 \Delta \mu = +0.0341$	$-0.0116 \Delta \mu = +0.0197$	$-0.0261 \Delta \mu = +0.0141$	$-0.0336 \Delta \mu = +0.0689$
16. $-0.0079 \Delta \mu = +0.0169$	$-0.0117 \Delta \mu = -0.0194$	$-0.0258 \Delta \mu = -0.0036$	$-0.0339 \Delta \mu = +0.0215$
17. $-0.0078 \Delta \mu = -0.0028$	$-0.0118 \Delta \mu = +0.0387$	$-0.0255 \Delta \mu = +0.0161$	$-0.0341 \Delta \mu = +0.0356$
18. $-0.0076 \Delta \mu = -0.0036$	$-0.0121 \Delta \mu = +0.0017$	$-0.0252 \Delta \mu = -0.0570$	$-0.0349 \Delta \mu = -0.0168$
19. $-0.0076 \Delta \mu = -0.0061$	$-0.0121 \Delta \mu = +0.0151$	$-0.0252 \Delta \mu = -0.0539$	$-0.0348 \Delta \mu = -0.0256$
20. $-0.0076 \Delta \mu = -0.0072$	$-0.0121 \Delta \mu = +0.0037$	$-0.0252 \Delta \mu = -0.0042$	$-0.0348 \Delta \mu = +0.0033$
21. $-0.0078 \Delta \mu = -0.0186$	$-0.0119 \Delta \mu = -0.0296$	$-0.0255 \Delta \mu = -0.0518$	$-0.0344 \Delta \mu = -0.0502$
22. $-0.0078 \Delta \mu = +0.0058$	$-0.0119 \Delta \mu = +0.0164$	$-0.0255 \Delta \mu = -0.0046$	$-0.0344 \Delta \mu = +0.0166$
23. $-0.0078 \Delta \mu = -0.0290$	$-0.0118 \Delta \mu = +0.0063$	$-0.0256 \Delta \mu = -0.0147$	$-0.0342 \Delta \mu = -0.0016$
24. $-0.0078 \Delta \mu = -0.0115$	$-0.0118 \Delta \mu = +0.0211$	$-0.0257 \Delta \mu = -0.0202$	$-0.0341 \Delta \mu = -0.0047$
25. $-0.0078 \Delta \mu = +0.0006$	$-0.0118 \Delta \mu = +0.0448$	$-0.0257 \Delta \mu = +0.0167$	$-0.0341 \Delta \mu = +0.0474$
26. $-0.0079 \Delta \mu = +0.0157$	$-0.0118 \Delta \mu = -0.0038$	$-0.0257 \Delta \mu = -0.0256$	$-0.0340 \Delta \mu = -0.0359$
27. $-0.0079 \Delta \mu = +0.0088$	$-0.0116 \Delta \mu = +0.0566$	$-0.0259 \Delta \mu = -0.0574$	$-0.0338 \Delta \mu = +0.0137$
28. $-0.0080 \Delta \mu = -0.0367$	$-0.0116 \Delta \mu = -0.0600$	$-0.0260 \Delta \mu = -0.0816$	$-0.0338 \Delta \mu = -0.0756$

Отсюда получаются слѣдующія ниже нормальныя уравненія:

Таблица I.

$n = 2$	$-0.0691 \Delta \mu = +0.0916$	$\varepsilon = \pm 0.0126$	$p = 699$
3	$-0.1060 \Delta \mu = -0.1060$	0.0427	61
4	$-0.2287 \Delta \mu = +0.2757$	0.0341	96
5	$-0.3075 \Delta \mu = -0.2094$	0.0650	26
<hr/>			
$n = 2$	$-0.1043 \Delta \mu = +0.1327$	$\varepsilon = \pm 0.0256$	117
3	$-0.1506 \Delta \mu = +0.2410$	0.0279	99
4	$-0.3888 \Delta \mu = +0.1646$	0.0491	32
5	$-0.4872 \Delta \mu = +0.4573$	0.0497	31
<hr/>			
$n = 2$	$-0.0472 \Delta \mu = -0.0521$	$\varepsilon = \pm 0.0209$	381
3	$-0.0704 \Delta \mu = +0.0650$	0.0415	97
4	$-0.1546 \Delta \mu = -0.1828$	0.0348	142
5	$-0.2040 \Delta \mu = -0.0567$	0.0423	93

Эти уравнения мы решали двумя способами. Разрешая ихъ въ отдельности и подставляя найденные значения  $\Delta \mu$  въ условные уравнения, мы изъ внутренняго согласия получили сначала стоящія во второмъ столбцѣ среднія ошибки  $\epsilon$  условныхъ уравнений. Среднія ошибки каждого изъ нормальныхъ уравнений получаются изъ нихъ умноженіемъ на  $\sqrt{m}$ , где  $m$  число условныхъ уравнений, вошедшихъ въ нормальные. По среднимъ ошибкамъ нормальныхъ уравнений получены ихъ вѣса  $p$ ; съ этими вѣсами предыдущая система уравнений даетъ:

$$\Delta \mu = -0.473 \pm 0.283.$$

Значенія  $\Delta \mu$  по отдельнымъ нормальнымъ уравненіямъ сильно колеблются и вычисленные по нимъ вѣса не надежны. Мы поэтому решали предыдущую систему съ одинаковыми вѣсами, послѣ чего получилось

$$\Delta \mu = -0.455 \pm 0.244.$$

Такимъ образомъ за окончательное значеніе слѣдуетъ принять  $\mu = +2.1 \pm 0.24$  и для относительныхъ яркостей въ точкахъ поверхности Сатурна имѣемъ окончательно:

$$\frac{h_n}{h_1} = \frac{(1 + 2.1 \cos i_n)(1 + 2.1 \cos \epsilon_n)}{(1 + 2.1 \cos i_1)(1 + 2.1 \cos \epsilon_1)} \quad (\text{II})$$

Рассмотримъ теперь съ какой точностью приведенная формула воспроизводить относительныя яркости различныхъ точекъ. Вычисляя по ней всѣ отдельныя наблюденія и составивъ среднія отклоненія для каждой точки и каждого рефрактора въ отдельности а также общія среднія, получаемъ слѣдующія числа:

Таблица II.

Рефракторъ	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$
Цейсса . . . .	+ 0.0061	- 0.0179	+ 0.0174	- 0.0410
Фраунгофера. . .	+ 0.0059	+ 0.0124	- 0.0010	+ 0.0175
Репольда . . . .	- 0.0128	+ 0.0046	- 0.0440	- 0.0273
Общее среднее . .	+ 0.0020	+ 0.0010	- 0.0043	- 0.0110
Средн. ошибка одн. наблюденія. {	+ 0.0221 ± 0.0197	± 0.0371 ± 0.0371	± 0.0466 ± 0.0392	± 0.0594 ± 0.0528

Изъ приведенныхъ среднихъ заключаемъ, что наша формула даетъ относительныя яркости на разстояніи  $1/2$  радиуса планеты съ ошибкою меньшею 0.01 зв. вел., внутри круга съ радиусомъ въ  $3/4$  — съ точностью то 0.02, 0.03 зв. вел.

Далѣе заключаемъ, что между наблюденіями на различныхъ трубахъ нельзя усмотреть какои нибудь систематической разницы, ибо приведенные среднія отклоненія для различныхъ точекъ въ своихъ знакахъ не показываютъ никакой правильности и поэтому они могутъ быть приписаны не исключеннымъ еще случайнымъ ошибкамъ наблюдений.

### § 3. О точности наблюдений.

Въ послѣдней строкѣ предыдущей таблицы приведены среднія ошибки одного наблюденія, выведенныя изъ внутренняго согласія для каждой точки, притомъ среднія для трехъ группъ наблюденій. (Въ отдельности для каждой группы онѣ приведены въ предпослѣднемъ столбѣ таблицы I-ой). Эти ошибки  $\epsilon$  складываются изъ трехъ составляющихъ: ошибки фотометрированія  $\epsilon_1$ , ошибки, возникающей отъ различія альбедо,  $\epsilon_2$  и ошибки, возникающей отъ неправильнаго наведенія,  $\epsilon_3$ . Между тѣмъ какъ первая и вторая составляющая должны быть одинаковы для точекъ 2, 3 и точекъ 4; 5, какъ лежащихъ на той же экваторіальной зонѣ планеты, третья составляющая  $\epsilon_3$  должна быть значительно больше для точекъ 4 и 5, гдѣ паденіе яркости происходитъ весьма быстро. Это и проявляется въ приведенныхъ числахъ. Обозначимъ  $\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2 = \eta^2$ ;

тогда

$$\epsilon^2 = \eta^2 + \epsilon_3^2 \quad (a)$$

Выведемъ среднюю ошибку наведенія  $\epsilon_u$ , выраженную въ единицахъ радиуса. Для этой цѣли достаточно принять планету за шаръ и, въ виду малости максимальной фазы Сатурна, считать всѣ наблюденія произведенными въ оппозиції. Тогда разница между точками 2 и 3, а также точками 4 и 5 исчезаетъ и мы имѣемъ какъ среднія  $\epsilon$  изъ таблицы I-ой.

Таблица III.

Группа	Точки	
	2 и 3	4 и 5
I	0.0276	0.0495
II	0.0267	0.0494
III	0.0312	0.0383

Кромѣ того имѣемъ при  $a = 0$

$$i = \epsilon; \log \frac{h_n}{h_1} = \log \frac{a_n^2}{a_1^2} = 2 \log \frac{1 + \mu \cos i_n}{1 + \mu \cos i_1};$$

$$\epsilon_3 = 2 \left[ \frac{d \log (1 + \mu \cos i_n) / di_n}{du} - \frac{d \log (1 + \mu \cos i_1) / di_1}{du} \right] \epsilon_u$$

гдѣ черезъ  $\epsilon_u$  обозначена средняя ошибка въ линейной координатѣ  $u$ . Всѣ наблюденія расположены на оси  $u$ , совпадающей съ большою осью видимаго эллипса, а при названныхъ упрощеніяхъ, съ большимъ кругомъ, проходящимъ черезъ землю и солнце.

Въ виду этого мы имѣемъ

$$u = \sin i; \frac{di}{du} = \sec i$$

$$\epsilon_3 = -2 \operatorname{Mod} \left[ \frac{\mu \sin i_n}{1 + \mu \cos i_n} \sec i_n - \frac{\mu \sin i_1}{1 + \mu \cos i_1} \sec i_1 \right] \epsilon_u$$

и такъ какъ  $i_1 = 0$ , то

$$\epsilon_3 = -2 \operatorname{Mod} \frac{\mu \operatorname{tg} i_n}{1 + \mu \cos i_n} \epsilon_u \quad (b)$$

Такимъ образомъ имѣемъ, подставляя  $\mu = 2.1$  и

$$\left. \begin{array}{l} \text{для точекъ 2 и 3} \quad i_n = 30^\circ; \quad \varepsilon_3 = -0.3736 \varepsilon_u \\ \text{,} \quad \quad \quad 4 \text{ и } 5 \quad i_n = 48^\circ 6'; \quad \varepsilon_3 = -0.8656 \varepsilon_u \end{array} \right\} \quad (c)$$

При помощи значеній таблицы III получаемъ теперь уравненія (a)

I	II	III
$\eta^2 + 0.139577 \varepsilon_u^2 = 0.000762$	0.000713	0.000973
$\eta^2 + 0.749263 \varepsilon_u^2 = 0.002450$	0.002440	0.001467

Рѣшеніе этихъ системъ уравненій приводить къ слѣдующимъ значеніямъ  $\varepsilon_u$  и  $\eta$

$\varepsilon_u = \pm 0.053$	$\pm 0.053$	$\pm 0.029$
$\eta = \pm 0.019$	$\pm 0.018$	$\pm 0.029$

Итакъ, средняя ошибка пuanтированія на рефракторахъ Цейсса и Фрауэнгофера равна примѣрно  $1/20$  радиуса, на рефракторѣ Репсольда она значительно меньше, очевидно благодаря большему фокусному разстоянію и лучшему часовому механизму. Но число наблюденій на немъ мало и числа для него не надежны. Дѣйствительно, ошибка самого наблюденія  $\eta$  для него получилась больше, чѣмъ для меньшихъ рефракторовъ, для которыхъ она равна  $\pm 0.05$  зв. вел., а это невѣроятно.

Раздѣленіе ошибки отъ различія альбедо сравниваемыхъ точекъ и ошибки фотометрированія для Сатурна не представляется возможнымъ. Во всякомъ случаѣ, первая ошибка должна быть очень мала, ибо глазъ мой обыкновенно не различалъ на фотометрируемомъ поясѣ Сатурна какихъ либо очертаній, выдающихся по цвѣту и яркости.

О систематическихъ ошибкахъ пuanтированія изъ имѣющагося у нась матеріала трудно вывести заключеніе. Что онѣ не нуль, видно изъ предпослѣдней строки таблицы II, гдѣ приведены среднія ошибки одного наблюденія, выведенныя изъ отклоненій отдѣльныхъ наблюденій отъ теоретическихъ значеній яркости; ошибки эти нѣсколько больше среднихъ ошибокъ послѣдняго столбца, выведенныхъ изъ внутренняго согласія наблюденій каждой точки.

Если допустить, что вліяніе систематическихъ ошибокъ отдѣльныхъ точекъ въ результатаѣ исключилось, то среднія отклоненія отдѣльныхъ точекъ, данные въ той же таблицѣ, представляютъ собой вліяніе систематическихъ ошибокъ пuanтированія на относительныя яркости. Они одинаковыхъ знаковъ для точекъ 2 и 3 и точекъ 4 и 5. Взявъ среднія и примѣняя къ нимъ выведенныя выше формулы (c), получимъ для систематическихъ ошибокъ пuanтированія  $\Delta u$

$$+ 0.0015 = -0.3736 \Delta u_{2,3}; \quad -0.0076 = -0.8656 \Delta u_{4,5}$$

откуда

$$\Delta u_{2,3} = -0.004; \quad \Delta u_{4,5} = +0.009 \text{ радиуса.}$$

Но числа эти могутъ быть и меньше дѣйствительныхъ, если названное допущеніе не вѣрно.

#### § 4. Вычисление кривой фазы.

Съ окончательными значениями коэффициентовъ

$$\lambda = 1; \quad \mu = +2.1; \quad \nu = 0$$

вычисляемъ теперь кривую измѣненія общей яркости Сатурна съ измѣненіемъ угла фазы. Формула (9)\* главы III для нашего случая принимаетъ видъ

$$\frac{Q_\alpha}{Q_o} = \frac{A'_\alpha + 2.1 B'_\alpha + 2.1^2 E'_\alpha}{A'_o + 2.1 B'_o + 2.1^2 E'_o}$$

При помощи таблицъ интеграловъ находимъ:

фаза	$\log \frac{Q_\alpha}{Q_o}$	$m_\alpha - m_o$
0°	- 0.0000	0.0000
1	- 0.0000	0.0000
2	- 0.0002	0.0005
3	- 0.0004	0.0010
4	- 0.0007	0.0018
5	- 0.0011	0.0028
6	- 0.0016	0.0040
7	- 0.0023	0.0058

Итакъ, измѣненіе общей яркости Сатурна съ измѣненіемъ угла фазы не достигаетъ 0.01 зв. вел.

## VI.

Наблюдения Юпитера распадаются на двѣ группы. Къ первой группѣ относятся 18 наблюдений, произведенныхъ вблизи оппозиціи 1914-го года при помощи клина (см. главу I, стр. 5). Измѣялись точки 2, 3, 6, 7 на  $\frac{1}{2}$  большой и малой полуоси видимаго эллипса и кромѣ того 4 точки на концахъ осей у краевъ планеты. Эти послѣднія исключены изъ разсмотренія въ этой работѣ по причинамъ указаннымъ въ § 6 главы II-ой.

Часть наблюдений этой группы сдѣлана черезъ фильтры: красный, желтый, зеленый и голубой. Попытка найти систематическая поправки для относительныхъ яркостей при разныхъ фильтрахъ не привела къ опредѣленнымъ числамъ. Для этого наблюдений въ разныхъ цветахъ оказалось недостаточно. Всѣ наблюдения этой группы сдѣланы рефракторомъ Цейсса при полномъ отверстіи объектива. Почти всѣ наблюдения состоять изъ 8-и наведеній на центръ (точка 1), и изъ столькихъ же на другія точки.

Ко второй группѣ наблюденій принадлежать 17 наблюденій при помощи николей въ точкахъ 2, 3, 4, 5 на большой оси видимаго эллипса. Фильтры здѣсь не примѣнялись. Кромѣ первого, всѣ наблюденія сдѣланы рефракторомъ Фрауэнгофера въ періодъ отъ 3 ноября 1915 года по 27 января 1916 года. Только первое наблюденіе этой группы сдѣлано рефракторомъ Цейсса, но такъ какъ относится къ экваторіальной зонѣ, то оно отнесено нами ко второй группѣ. И здѣсь каждое наблюденіе состоитъ изъ 8 наведеній на каждую точку.

Наблюдения каждой группы соединены въ среднія. Эти среднія можно считать приблизительно равноточными и свободными отъ случайныхъ ошибокъ наблюдений.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ сопоставлены всѣ отдѣльныя наблюденія и соотвѣтственные углы  $i$  и  $\epsilon$ , а также ихъ среднія для обѣихъ группъ, вошедшія въ дальнѣйшія вычисленія.

Углы падения ( $i$ ) и отражения ( $e$ ).							Относительные яркости въ звѣздныхъ величинахъ.			
№	Грин. ср. вр.	Т о ч к и					Т о ч к и			
		1	2	3	6	7	2	3	6	7
		$i$	$i$	$i$	$i$	$i$	2	3	6	7
		$e$	$e$	$e$	$e$	$e$				
	1914									
1	июля 3.498	7.5 <sup>0</sup>	22.6 <sup>0</sup>	37.4 <sup>0</sup>	32.3 <sup>0</sup>	32.85 <sup>0</sup>	0.08	0.34	0.10	0.18
		0.0	30.0	30.0	31.7	31.7				
2	июля 10.503	6.3	23.7	36.3	32.1	32.6	0.14	0.20	0.19	0.20
		0.0	30.0	30.0	31.7	31.7				
3	июля 13.502	5.8	24.2	35.8	31.9	32.4	0.31	0.30	0.17	0.29
		0.0	30.0	30.0	31.7	31.7				

Углы падения ( $i$ ) и отражения ( $\varepsilon$ ).							Относительная яркости въ звѣздныхъ величинахъ.				
№	Грин. ср. вр.	Т о ч к и					Т о ч к и				
		1	2	3	6	7	2	3	6	7	
		$i$	$i$	$i$	$i$	$i$	$i$	$i$	$i$	$i$	
		1914									
4	іюля 14.531	5.6 0.0	24.4 30.0	35.6 30.0	31.85 31.7	32.45 31.7	0.14	0.21	0.25	0.29	
5	іюля 16.488	5.2 0.0	24.8 30.0	35.2 30.0	31.8 31.7	32.4 31.7	0.19	0.22	0.14	0.31	
6	іюля 16.517	— —	— —	— —	— —	— —	0.23	0.14	0.25	0.27	
7	іюля 18.485	4.8 0.0	25.2 30.0	34.8 30.0	31.75 31.7	32.3 31.7	0.33	0.26	0.42	0.30	
8	іюля 19.482	4.6 0.0	25.4 30.0	34.6 30.0	31.7 31.7	32.3 31.7	0.14	0.23	0.19	0.26	
9	іюля 19.517	— —	— —	— —	— —	— —	0.16	0.14	0.10	0.17	
10	іюля 20.497	4.4 0.0	25.6 30.0	34.4 30.0	31.7 31.7	32.3 31.7	0.17	0.17	0.13	0.22	
11	іюля 21.451	4.2 0.0	25.8 30.0	34.2 30.0	31.7 31.7	32.3 31.7	0.18	0.17	0.09	0.11	
12	іюля 21.472	— —	— —	— —	— —	— —	0.15	0.30	0.21	0.22	
13	іюля 23.507	3.8 0.0	26.2 30.0	33.8 30.0	31.6 31.7	32.25 31.7	0.16	0.16	0.20	0.29	
14	іюля 23.533	— —	— —	— —	— —	— —	0.24	0.32	0.33	0.42	
15	сентября 2.356	4.8 0.0	25.2 30.0	34.8 30.0	31.6 31.7	32.0 31.7	0.21	0.37	0.26	0.23	
16	сентября 2.363	— —	— —	— —	— —	— —	0.20	0.28	0.25	0.36	
17	сентября 4.321	5.2 0.0	24.8 30.0	35.2 30.0	31.65 31.7	32.1 31.7	0.14	0.19	0.16	0.20	
18	сентября 4.356	— —	— —	— —	— —	— —	0.20	0.29	0.26	0.30	
		Среднія	5.0 0.0	25.0 30.0	35.0 30.0	31.7 31.7	32.3 31.7	0.187	0.238	0.200	0.257

Углы падения ( $i$ ) и отражения ( $\varepsilon$ ).							Относительная яркости въ звѣздныхъ величинахъ.			
№	Грин. ср. вр.	Т о ч к и					Т о ч к и			
		1	2	3	4	5	2	3	4	5
		$i$	$i$	$i$	$i$	$i$				
19	ноября 29.176	10.6 0.0	19.5 30.05	40.65 30.05	38.0 48.6	59.2 48.6	0.146	0.329	0.664	0.754
20	ноября 3.367	9.0 0.1	21.1 30.05	39.05 30.05	39.6 48.6	57.6 48.6	-0.010	0.228	0.400	0.692
21	ноября 12.368	10.0 0.1	20.1 30.05	40.05 30.05	38.6 48.6	58.6 48.6	0.187	0.196	0.394	0.630
22	ноября 15.360	10.3 0.1	19.9 30.05	40.85 30.05	38.3 48.6	58.9 48.6	0.093	0.287	0.403	0.627
23	декабря 10.214	11.5 0.1	18.7 30.05	41.45 30.05	37.2 48.6	60.0 48.6	0.114	0.265	0.512	0.730
24	декабря 10.247	— —	— —	— —	— —	— —	0.085	0.257	0.490	0.693
25	декабря 19.250	11.4 0.1	18.7 30.05	41.45 30.05	37.2 48.6	60.0 48.6	0.126	0.340	0.821	0.846

Углы падения ( $i$ ) и отражения ( $\varepsilon$ ).							Относительные яркости въ звѣздныхъ величинахъ.			
№	Грин. ср. вр.	Т о ч к и					Т о ч к и			
		1	2	3	4	5	2	3	4	5
		$i$	$i$	$i$	$i$	$i$	$\varepsilon$	$\varepsilon$	$\varepsilon$	$\varepsilon$
26	1915 декабря 19.278	0 — —	0 — —	0 — —	0 — —	0 — —	0.180	0.191	0.376	0.671
27	декабря 24.247	11.2 0.1	18.9 30.05	41.25 30.05	37.4 48.6	59.8 48.6	-0.025	0.133	0.373	0.660
28	декабря 24.250	— —	— —	— —	— —	— —	0.145	0.257	0.533	0.691
29	декабря 28.180	11.0 0.1	19.1 30.05	41.05 30.05	37.6 48.6	59.6 48.6	0.042	0.126	0.410	0.612
30	декабря 28.207	— —	— —	— —	— —	— —	0.070	0.214	0.377	0.634
	1916									
31	января 17.221	9.7 0.1	20.4 30.05	39.75 30.05	38.9 48.6	58.3 48.6	0.091	0.220	0.441	0.738
32	января 25.181	8.9 0.1	21.2 30.05	39.0 30.05	39.7 48.6	57.5 48.6	0.141	0.151	0.332	0.615
33	января 26.189	8.8 0.1	21.3 30.05	38.9 30.05	39.8 48.6	57.4 48.6	0.039	0.227	0.329	0.552
34	января 26.212	— —	— —	— —	— —	— —	0.053	0.241	0.364	0.479
35	января 27.163	8.7 0.1	21.4 30.05	38.8 30.05	39.9 48.6	57.3 48.6	0.196	0.123	0.379	0.715
	Среднія	10.3 0.1	19.8 30.05	40.3 30.05	38.3 48.6	58.6 48.6	0.098	0.223	0.418	0.667

Вычисленные съ этими средними уравненія ( $\varepsilon$ ) (стр. 20) имъютъ слѣдующій видъ: справа выписаны лѣвые части уравненій при 5-ти различныхъ видахъ функций  $f(i\varepsilon)$ .

		I	II	III	IV	V
Группа	Точки	$f(i\epsilon) = \cos i \cos \epsilon$	$\frac{\cos i \cos \epsilon}{\cos i + \cos \epsilon}$	$\cos i$	const	$\cos \epsilon$
I	6 $0.346 A_1 + 0.888 B_1$	= -0.0119	-0.0812	-0.0821	-0.1506	-0.0804
	7 $0.355 A_1 + 0.913 B_1$	= -0.0310	-0.1017	-0.1012	-0.1726	-0.1024
	3 $0.372 A_1 + 0.975 B_1$	= -0.0098	-0.0833	-0.0723	-0.1573	-0.0948
	2 $0.254 A_1 + 0.616 B_1$	= -0.0334	-0.0850	-0.0959	-0.1369	-0.0744
II	2 $0.198 A_1 + 0.490 B_1$	= -0.0205	-0.0610	-0.0832	-0.1023	-0.0396
	3 $0.450 A_1 + 1.295 B_1$	= +0.0215	-0.0641	-0.0412	-0.1515	-0.0888
	4 $0.770 A_1 + 2.704 B_1$	= -0.0693	-0.2064	-0.2487	-0.3466	-0.1672
	5 $1.431 A_1 + 7.228 B_1$	= +0.0128	-0.2134	-0.1666	-0.4462	-0.2668

Непосредственно очевидно, что правыя части этихъ уравненій при гипотезѣ I и III несовмѣстны съ лѣвыми частями ихъ. Для этого достаточно сравнить правыя части съ коэффиціентами при неизвѣстной  $A_1$ , которая согласно теоріи поглощенія свѣта является главной и для зенитныхъ разстояній, не слишкомъ близкихъ къ  $90^{\circ}$  одна опредѣляетъ поглощеніе свѣта. Гипотезы Ламберта и Эйлера такимъ образомъ отпадаютъ. Не вѣроятно также допущеніе отсутствія атмосферы, ибо въ такомъ случаѣ лѣвыя части нашихъ уравненій должны бы равняться нулю.

Рѣшимъ наши уравненія при гипотезахъ II, IV и V по способу наименьшихъ квадратовъ, при чмъ первымъ двумъ уравненіямъ припишемъ вѣсъ  $^{1/2}$ , такъ какъ они соотвѣтствуютъ точкамъ внѣ экваторіального пояса планеты. Въ результатѣ имѣемъ слѣдующія значенія  $A_1$  и  $B_1$ :

IV	II	V
$A_1 = -0.6121 \pm 0.0678$	$= -0.3754 \pm 0.0681$	$= -0.2941 \pm 0.0272$
$B_1 = +0.0588 \pm 0.0152$	$= +0.0441 \pm 0.0153$	$= +0.0214 \pm 0.0061$

Суммы квадратовъ отклоненій [ $p\delta\delta$ ], наблюденныхъ отъ вычисленныхъ правыхъ частей уравненій равны соотвѣтственно:

$$0.004228 \quad 0.004265 \quad 0.000678$$

Какъ и въ случаѣ Сатурна гипотеза V даетъ наилучшее согласіе. Сумма квадратовъ отклоненій для нея въ 6 разъ меньше, чмъ для другихъ двухъ гипотезъ. Коэффиціентъ прозрачности атмосферы получается наибольшимъ при гипотезѣ V-ой. Мы имѣемъ для него значенія 0.24, 0.42 и 0.51. Всѣ числа поражаютъ своей близостью къ соотвѣтствующимъ числамъ для Сатурна. Значеніе  $B_1$  и здѣсь получается слишкомъ большимъ и опять оно меньше другихъ при гипотезѣ V. Такъ какъ углы  $i$  и  $\epsilon$ , входящіе въ наши уравненія, не превышаютъ  $60^{\circ}$ , то для полученія наиболѣе вѣроятнаго значенія  $A_1$ , слѣдуетъ отбросить второй членъ лѣвой части нашихъ уравненій. Такое рѣшеніе даетъ:

$$A_1 = -0.2009 \pm 0.0096$$

Коэф. прозр.  $p = 0.63$

## § 2. Вычислениe коэффициентовъ $\lambda$ , $\mu$ , $\nu$ .

Замѣнимъ теперь функцію

$$e^{\varphi(z)} = 10^{A_1 \sec z + B_1 \sec z \operatorname{tg}^2 z} = 10^{-0.2941 \sec z + 0.0214 \sec z \operatorname{tg}^2 z}$$

рядомъ  $\lambda + \mu \cos z + [\nu \cos 2z]$ , рѣшивъ систему уравненій ( $\alpha$ ), составленную для каждыхъ  $5^{\circ}$  угла  $z$ , при чмъ мы отбрасываемъ третій членъ разложенія, такъ какъ и здѣсь, какъ и въ случаѣ Сатурна, двухчленная формула оказывается вполнѣ достаточной.

$z$	$\delta$	
$0^{\circ}$	$\lambda + 1.0000 \mu = 0.5081$	- 0.0009
5	$\lambda + 0.9962 \mu = 0.5069$	- 0.0008
10	$\lambda + 0.9848 \mu = 0.5036$	- 0.0004
15	$\lambda + 0.9659 \mu = 0.4979$	+ 0.0001
20	$\lambda + 0.9397 \mu = 0.4899$	+ 0.0008
25	$\lambda + 0.9068 \mu = 0.4794$	+ 0.0013
30	$\lambda + 0.8660 \mu = 0.4663$	+ 0.0015
35	$\lambda + 0.8192 \mu = 0.4507$	+ 0.0013
40	$\lambda + 0.7660 \mu = 0.4323$	+ 0.0004
45	$\lambda + 0.7071 \mu = 0.4116$	- 0.0009
50	$\lambda + 0.6428 \mu = 0.3889$	- 0.0024
55	$\lambda + 0.5736 \mu = 0.3660$	- 0.0015
60	$\lambda + 0.5000 \mu = 0.3471$	+ 0.0029

Отсюда получаются нормальные уравнения:

$$13.0000 \lambda + 10.6676 \mu = 5.8487$$

$$10.6676 \lambda + 9.0997 \mu = 4.9134$$

Решение ихъ даетъ

$$\lambda = 0.1794 \quad \mu = 0.3296.$$

Сумма квадратовъ отклоненій  $[\delta\delta] = 0.00002528$ .

Подставляя найденное значение  $\mu' = \frac{\mu}{\lambda} = 1.8372$

въ уравненія

$$\log \frac{h_n}{h_1} = \log \frac{(1 + \mu' \cos i_n) \cdot (1 + \mu' \cos e_n)}{(1 + \mu' \cos i_1) \cdot (1 + \mu' \cos e_1)}$$

находимъ слѣдующія отклоненія наблюденныхъ отъ вычисленныхъ логарифмовъ относительныхъ яркостей

$$\left( \log \frac{h_n}{h_1} \right)_H - \left( \log \frac{h_n}{h_1} \right)_e = \begin{array}{l} +0.0068 \\ -0.0136 \\ -0.0024 \\ -0.0088 \\ +0.0122 \\ +0.0186 \\ +0.0008 \\ -0.0010 \end{array}$$

Хотя отклоненія эти малы, попробуемъ исправить значение  $\frac{\mu}{\lambda}$  по дифференціальной формулѣ, примѣненной къ каждому наблюдению всѣхъ точекъ отдельно. Условные уравненія для  $\Delta\mu$  получаются слѣдующія:

$n = 2$

$-0.0118 \Delta\mu = +0.0271$	$-0.0202 \Delta\mu = -0.0370$	$-0.0177 \Delta\mu = +0.0476$	$-0.0181 \Delta\mu = +0.0172$
$-0.0124 \Delta\mu = +0.0061$	$-0.0196 \Delta\mu = +0.0161$	$-0.0178 \Delta\mu = +0.0117$	$-0.0181 \Delta\mu = +0.0092$
$-0.0127 \Delta\mu = -0.0606$	$-0.0192 \Delta\mu = -0.0254$	$-0.0177 \Delta\mu = +0.0194$	$-0.0180 \Delta\mu = -0.0272$
$-0.0128 \Delta\mu = +0.0079$	$-0.0191 \Delta\mu = +0.0101$	$-0.0176 \Delta\mu = -0.0126$	$-0.0180 \Delta\mu = -0.0269$
$-0.0130 \Delta\mu = -0.0110$	$-0.0189 \Delta\mu = +0.0050$	$-0.0176 \Delta\mu = +0.0314$	$-0.0180 \Delta\mu = -0.0348$
$-0.0130 \Delta\mu = -0.0270$	$-0.0189 \Delta\mu = +0.0370$	$-0.0176 \Delta\mu = -0.0126$	$-0.0180 \Delta\mu = -0.0188$
$-0.0132 \Delta\mu = -0.0659$	$-0.0186 \Delta\mu = -0.0128$	$-0.0177 \Delta\mu = -0.0806$	$-0.0180 \Delta\mu = -0.0310$
$-0.0133 \Delta\mu = +0.0106$	$-0.0185 \Delta\mu = -0.0006$	$-0.0176 \Delta\mu = +0.0114$	$-0.0180 \Delta\mu = -0.0149$
$-0.0133 \Delta\mu = +0.0026$	$-0.0185 \Delta\mu = +0.0854$	$-0.0176 \Delta\mu = +0.0474$	$-0.0180 \Delta\mu = +0.0211$
$-0.0134 \Delta\mu = -0.0009$	$-0.0184 \Delta\mu = +0.0228$	$-0.0176 \Delta\mu = +0.0354$	$-0.0180 \Delta\mu = +0.0011$
$-0.0135 \Delta\mu = -0.0044$	$-0.0183 \Delta\mu = +0.0222$	$-0.0177 \Delta\mu = +0.0515$	$-0.0181 \Delta\mu = +0.0452$
$-0.0135 \Delta\mu = +0.0076$	$-0.0183 \Delta\mu = -0.0298$	$-0.0177 \Delta\mu = +0.0035$	$-0.0181 \Delta\mu = +0.0012$
$-0.0137 \Delta\mu = +0.0047$	$-0.0180 \Delta\mu = +0.0252$	$-0.0176 \Delta\mu = +0.0074$	$-0.0180 \Delta\mu = -0.0268$
$-0.0137 \Delta\mu = -0.0273$	$-0.0180 \Delta\mu = -0.0388$	$-0.0176 \Delta\mu = -0.0446$	$-0.0180 \Delta\mu = -0.0788$
$-0.0132 \Delta\mu = -0.0179$	$-0.0186 \Delta\mu = -0.0561$	$-0.0176 \Delta\mu = -0.0170$	$-0.0178 \Delta\mu = -0.0038$
$-0.0132 \Delta\mu = -0.0139$	$-0.0186 \Delta\mu = -0.0201$	$-0.0176 \Delta\mu = -0.0130$	$-0.0178 \Delta\mu = -0.0558$
$-0.0130 \Delta\mu = +0.0090$	$-0.0189 \Delta\mu = +0.0170$	$-0.0175 \Delta\mu = +0.0229$	$-0.0178 \Delta\mu = +0.0083$
$-0.0130 \Delta\mu = -0.0150$	$-0.0189 \Delta\mu = -0.0280$	$-0.0175 \Delta\mu = -0.0171$	$-0.0178 \Delta\mu = -0.0317$

$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$
-0.0102 $\Delta\mu = -0.0073$	-0.0225 $\Delta\mu = -0.0231$	-0.0357 $\Delta\mu = -0.0988$	-0.0610 $\Delta\mu = -0.0339$
-0.0111 $\Delta\mu = +0.0593$	-0.0214 $\Delta\mu = +0.0127$	-0.0373 $\Delta\mu = +0.0139$	-0.0585 $\Delta\mu = -0.0175$
-0.0105 $\Delta\mu = -0.0221$	-0.0220 $\Delta\mu = +0.0284$	-0.0363 $\Delta\mu = +0.0119$	-0.0600 $\Delta\mu = +0.0125$
-0.0104 $\Delta\mu = +0.0149$	-0.0223 $\Delta\mu = -0.0072$	-0.0360 $\Delta\mu = +0.0070$	-0.0605 $\Delta\mu = +0.0153$
-0.0098 $\Delta\mu = +0.0034$	-0.0229 $\Delta\mu = +0.0047$	-0.0349 $\Delta\mu = -0.0416$	-0.0621 $\Delta\mu = -0.0203$
-0.0098 $\Delta\mu = +0.0150$	-0.0229 $\Delta\mu = +0.0079$	-0.0349 $\Delta\mu = -0.0328$	-0.0621 $\Delta\mu = -0.0055$
-0.0098 $\Delta\mu = -0.0014$	-0.0230 $\Delta\mu = -0.0252$	-0.0350 $\Delta\mu = +0.0350$	-0.0622 $\Delta\mu = -0.0665$
-0.0098 $\Delta\mu = -0.0230$	-0.0230 $\Delta\mu = +0.0344$	-0.0350 $\Delta\mu = +0.0130$	-0.0622 $\Delta\mu = +0.0035$
-0.0099 $\Delta\mu = +0.0596$	-0.0228 $\Delta\mu = +0.0570$	-0.0352 $\Delta\mu = +0.0150$	-0.0619 $\Delta\mu = +0.0068$
-0.0099 $\Delta\mu = -0.0084$	-0.0228 $\Delta\mu = +0.0074$	-0.0352 $\Delta\mu = -0.0490$	-0.0619 $\Delta\mu = -0.0056$
-0.0100 $\Delta\mu = +0.0333$	-0.0227 $\Delta\mu = +0.0593$	-0.0354 $\Delta\mu = +0.0011$	-0.0616 $\Delta\mu = +0.0250$
-0.0100 $\Delta\mu = +0.0220$	-0.0227 $\Delta\mu = +0.0241$	-0.0354 $\Delta\mu = +0.0143$	-0.0616 $\Delta\mu = +0.0162$
-0.0107 $\Delta\mu = +0.0171$	-0.0218 $\Delta\mu = +0.0180$	-0.0366 $\Delta\mu = -0.0056$	-0.0596 $\Delta\mu = -0.0322$
-0.0111 $\Delta\mu = -0.0008$	-0.0214 $\Delta\mu = +0.0434$	-0.0374 $\Delta\mu = +0.0416$	-0.0584 $\Delta\mu = +0.0128$
-0.0111 $\Delta\mu = +0.0403$	-0.0213 $\Delta\mu = +0.0127$	-0.0374 $\Delta\mu = +0.0432$	-0.0582 $\Delta\mu = +0.0375$
-0.0111 $\Delta\mu = +0.0347$	-0.0213 $\Delta\mu = +0.0071$	-0.0374 $\Delta\mu = +0.0292$	-0.0582 $\Delta\mu = +0.0667$
-0.0112 $\Delta\mu = -0.0223$	-0.0212 $\Delta\mu = +0.0540$	-0.0376 $\Delta\mu = +0.0236$	-0.0581 $\Delta\mu = -0.0282$

Такъ какъ коэффициенты при неизвѣстной  $\Delta\mu$  у этихъ уравненій для той же точки въ каждой группѣ отличаются весьма мало, то нормальныя уравненія получимъ простымъ суммированіемъ. Рядомъ съ ними выпишемъ среднія ошибки одного условнаго уравненія, получающіяся изъ внутренняго согласія послѣ рѣшенія каждого изъ нормальныхъ уравненій относительно  $\Delta\mu$  и подстановки найденнаго значенія въ отдѣльныя условныя уравненія. Въ послѣднемъ столбцѣ выписаны въса нормальныхъ уравненій, равные  $\frac{1}{n\varepsilon^2}$ , гдѣ  $n$  число условныхъ уравненій.

Таблица I.

	$\varepsilon$	$p$	$\varepsilon$
2. -0.2357 $\Delta\mu = -0.1683$	$\pm 0.0241$	95.8	$\pm 0.0262$
3. -0.3375 $\Delta\mu = -0.0528$	0.0281	70.3	0.0283
6. -0.3172 $\Delta\mu = +0.0921$	0.0340	47.8	0.0344
7. -0.3236 $\Delta\mu = -0.2472$	0.0295	63.7	0.0380
2. -0.1764 $\Delta\mu = +0.2143$	$\pm 0.0263$	85.0	$\pm 0.0293$
3. -0.3780 $\Delta\mu = +0.3156$	0.0255	90.4	0.0313
4. -0.6127 $\Delta\mu = +0.0210$	0.0372	42.5	0.0372
5. -1.0271 $\Delta\mu = -0.0134$	0.0312	60.6	0.0313

Рѣшеніе этой системы уравненій съ въсами предпослѣдняго столбца даетъ

$$\Delta\mu = -0.041 \pm 0.133$$

при равныхъ въсахъ всѣхъ уравненій получается:

$$\Delta\mu = -0.024$$

Такимъ образомъ имѣемъ окончательно

$$\mu = +1.8 \pm 0.13$$

и для относительныхъ яркостей на поверхности Юпитера

$$\frac{h_n}{h_1} = \frac{(1 + 1.8 \cos i_n)(1 + 1.8 \cos e_n)}{(1 + 1.8 \cos i_1)(1 + 1.8 \cos e_1)} \quad (3)$$

### § 3. О точности наблюдений.

Раздѣлимъ тѣмъ же способомъ, какъ и у Сатурна, среднюю ошибку  $\epsilon$  на двѣ составляющія. Первая составляющая  $\eta$  состоитъ изъ ошибки фотометрированія  $\epsilon_1$  и ошибки альбено  $\epsilon_2$ . Эта составляющая тождественна для всѣхъ точекъ экваторіального пояса планеты.

Вторая составляющая  $\epsilon_3$  есть ошибка, возникающая отъ неправильнаго наведенія и различна для точекъ 2, 3 и 4, 5.

При тѣхъ же упрощеніяхъ, какія мы допустили въ случаѣ Сатурна, мы получаемъ по формулѣ (e) (стр. 43) при  $\mu = 1.8$  и взявъ среднее  $\epsilon$  для точекъ 2, 3 и точекъ 4, 5,

$$\epsilon_{2,3} = \pm 0.0259 \quad \epsilon_{4,5} = \pm 0.0342,$$

уравненія:

$$\left. \begin{array}{l} \text{для точекъ 2, 3 . . . } 0.000671 = \eta^2 + 0.124468 \epsilon_u^2 \\ \text{, , , 4, 5 . . . } 0.001170 = \eta^2 + 0.655614 \epsilon_u^2 \end{array} \right\} \quad (d)$$

Рѣшая ихъ, находимъ

$$\eta = \pm 0.0235 \quad \epsilon_u = \pm 0.0306$$

Такимъ образомъ, средняя ошибка наведенія составляетъ для Юпитера всего  $1/30$  радиуса планеты, т. е. менѣе чѣмъ у Сатурна, что и слѣдовало ожидать, такъ какъ радиусъ Юпитера вдвое болѣе.

Напротивъ того, ошибка  $\eta$  для Юпитера болѣе чѣмъ для Сатурна, что объясняется конечно не ошибкой фотометрированія, а ошибкой отъ различія альбено сравниваемыхъ точекъ; послѣдняя у Юпитера, имѣющаго и на экваторіальномъ поясѣ значительно болѣе деталей выдающихся по цвѣту и яркости, должна была оказать болѣе вліяніе.

Интересно сравнить среднія ошибки  $\eta$  для точекъ 6 и 7 на половинѣ малой полуоси эллипса съ таковыми для экваторіального пояса планеты. При наблюденіи ихъ (исключительно лѣтомъ 1914 года) съверное полушаріе планеты (точка 7) было непрерывно закрыто слоемъ полощатыхъ облаковъ, южное полушаріе представляло перемѣнную облачность, и это проявилось въ величинѣ среднихъ ошибокъ для точекъ 7 и 6. Пренебрегая сжатіемъ Юпитера, мы найдемъ, что вліяніе ошибки наведенія  $\epsilon_u$  для точекъ 6 и 7 должно быть такимъ же, какъ для точекъ 2 и 3 значеніе  $\epsilon_u$ , и поэтому, подставляя въ первое изъ уравненій (d) слѣва значенія  $\epsilon^2$  для точекъ 6 и 7 и принимая  $\epsilon_u = \epsilon_u$ , найдемъ

$$\eta_6 = \pm 0.0322 \quad \eta_7 = \pm 0.0274$$

Какъ видимъ, обѣ ошибки болѣе, чѣмъ для точекъ экваторіального пояса, что объясняется большей перемѣнностью альбено въ экватора планеты; кромѣ того точка 6, какъ лежавшая въ перемѣнномъ поясѣ, имѣетъ большую среднюю ошибку.

### § 3. О систематическихъ ошибкахъ наблюдений.

Вычисляя по формулѣ (B) теоретическія яркости для всѣхъ моментовъ наблюдений, мы изъ разностей, наблюденіе — вычисленіе, получили среднія ошибки въ послѣднемъ столбѣ таблицы I-ой, въ которыя входятъ и систематическія ошибки наблюдений различныхъ точекъ. Только часть изъ этихъ ошибокъ болѣе соотвѣтствующихъ среднихъ ошибокъ  $\epsilon$ , выведенныхъ изъ внутренняго согласія наблюдений данной точки.

Кромъ того изъ названныхъ разностей выведены среднія отклоненія яркостей въ различныхъ точкахъ.

Таблица II.

Систематическая отклоненія отъ теоріи.

Точки	2	3	6	7	рефр. Цейсса.
	— 0.0099	— 0.0036	+ 0.0044	— 0.0144	
Точки	2	3	4	.5	рефр. Фрауэнгофера
	+ 0.0122	+ 0.0177	— 0.0001	— 0.0031	
Среднія	+ 0.0012	+ 0.0065			

Для точекъ 2 и 3, которыя наблюдались на обоихъ рефракторахъ, взяты среднія. Какъ видно, систематическая отклоненія вездѣ очень малы, кромѣ развѣ точки 7, которая имѣла на 0.04 зв. вел. меньшую яркость, чѣмъ требуетъ наша формула. Какъ уже отмѣчено, эта точка за весь почти периодъ наблюденій лежала на темномъ поясѣ облаковъ, закрывавшихъ сѣверное полушаріе.

Этимъ доказано, что распределеніе яркости на поверхности Юпитера, несмотря на ея перемѣнность и разнообразіе деталей, съ большою точностью опредѣляется теоретической формулой.

Чертежи поверхности Юпитера при помощи одноцвѣтнаго карандаша даютъ намъ совершенно неправильную картину обѣ оносительной яркости разныхъ его частей.

#### § 4. Вычисление кривой фазы.

При помощи формулы ( $\varrho^*$ ) главы III со значеніями

$$\mu = +1.8; \quad \nu = 0$$

вычисляемъ кривую измѣненія общей яркости Юпитера съ фазою. Находимъ

$\alpha$	$\lg \frac{Q_\alpha}{Q_0}$	$m_\alpha - m_0$
0°	0.0000	0.000
1	0.0001	0.000
2	0.0002	0.001
3	0.0004	0.001
4	0.0007	0.002
5	0.0011	0.003
6	0.0016	0.004
7	0.0022	0.006
8	0.0029	0.007
9	0.0037	0.009
10	0.0045	0.011
11	0.0054	0.014
12	0.0065	0.016

Итакъ, максимальное вліяніе фазы у Юпитера меньше 0.02 звѣздной величины.

### Заключение о Юпитерѣ и Сатурнѣ.

Такъ какъ при законѣ отраженія,  $f(i, \varepsilon) = \cos \varepsilon$ , планета должна представляться равномѣрно яркою при всѣхъ углахъ фазы, то уменьшеніе яркости къ краямъ у Юпитера и Сатурна обусловливается исключительно вліяніемъ ихъ атмосферъ. При малости максимальной фазы у этихъ планетъ и невозможности наблюденій у краевъ изъ нашихъ наблюденій нельзя заключить, справедливъ ли названный законъ и для угловъ большихъ  $60^{\circ}$ .

Считаясь со средними ошибками значеній  $\mu$  для Сатурна и Юпитера, можно принять для обѣихъ планетъ

$$\mu = 2$$

и представлять относительныя яркости на поверхностяхъ ихъ тождественной формулой

$$\frac{h}{h_1} = \frac{(1 + 2 \cos i)(1 + 2 \cos \varepsilon)}{(1 + 2 \cos i_1)(1 + 2 \cos \varepsilon_1)}$$

Принимая для центра планеты  $i_1 = \varepsilon_1 = 0$ , будемъ имѣть

$$h = \frac{4}{9} h_1 \left( \frac{1}{2} + \cos i \right) \left( \frac{1}{2} + \cos \varepsilon \right) \quad (21)^*$$

Эта формула будетъ строгой, если подъ  $h_1$  разумѣть яркость центра планеты въ оппозиції.

Простое выраженіе для яркости произвольной точки поверхности въ функціи линейныхъ координатъ  $u, v$ , считаемыхъ отъ видимаго центра диска, можно получить, если пренебречь сжатіемъ планетъ. Въ самомъ дѣлѣ, при помощи формулъ XII (стр. 35) и вводя обозначенія

$$u^2 + v^2 = \varrho^2; \quad \sqrt{1 - \varrho^2} = m$$

имѣемъ

$$h = \frac{4}{9} h_1 \left( \frac{1}{2} + m \cos a + u \sin a \right) \left( \frac{1}{2} + m \right) = \frac{4}{9} h_1 \left[ \left( \frac{1}{2} + m \right)^2 + \left( \frac{1}{2} + m \right) \left( u a - m \frac{a^2}{2} \right) \right]$$

если ограничиться точностью до  $a^2$  включительно.

Здѣсь координаты  $u$  считаются положительными въ сторону солнца, а уголъ фазы  $a$  всегда принимается положительнымъ.

## VII.

### Венера.

Наблюдения Венеры произведены въ двухмѣсячный періодъ съ конца марта по конецъ мая 1916 года въ почти одинаковомъ числѣ на рефракторѣ Фрауэнгофера и на рефракторѣ Репсольда въ Пулковѣ.

За это время уголъ фазы измѣнился отъ  $71^0$  до  $115^0$ . Кромѣ трехъ послѣднихъ наблюдений, въ которыхъ измѣрялась яркость положительного края планеты, наблюдения производились на большомъ кругѣ, проходящемъ черезъ землю и солнце (см. стр. 35). Въ зависимости отъ качества наблюдений и другихъ условій, отдѣльныхъ наведеній на различные точки производилось въ разные вечера неодинаковое число.

Въ „наблюденіяхъ“ приведены относительныя яркости, вычисленныя изъ каждыхъ восьми наведеній. Въ нижеслѣдующей таблицѣ мы приводимъ среднія для отдѣльныхъ вечеровъ, отмѣчая въ особомъ столбѣ количество вошедшихъ въ нихъ отдѣльныхъ измѣреній. Кромѣ того таблица содержитъ вычисленные по формуламъ даннымъ на стр. 35 углы паденія и отраженія свѣта.

При предварительной группировкѣ наблюдений мы руководствовались соображеніемъ, чтобы внутри каждой группы уголъ фазы мѣнялся незначительно; для полученія приблизительно равноточныхъ среднихъ мы приписали наблюденіямъ на Пулковскомъ рефракторѣ примѣрно двойной вѣсъ.

Отдѣльныя группы, соединенные въ среднія, отдѣлены чертами. Такимъ образомъ первая и вторая группа содержать наблюденія на рефракторѣ Фрауэнгофера съ общимъ числомъ наведеній 112 и 96; 3-ья, 4-ая и 5-ая группа относятся къ рефрактору Репсольда и содержать наведеній 56, 60 и 48, при чмъ въ 5-ой группѣ соединены наблюденія на положительному краю планеты.

№	Грин. ср. вр.	Углы паденія ( $i$ ) и отраженія ( $\epsilon$ ).			Относительныя яркости въ звѣздныхъ величинахъ.		З а мѣтк и.			
		Т о ч к и			Т о ч к и		Число наведеній	Качество изобр. и наблюд.		
		1	2	3	2	3				
		$i$	$i$	$i$	$\epsilon$	$\epsilon$				
1	1916 марта 23.248	51.5	29.4	70.8	- 0.142	+ 0.595	16	16	2	4
		19.95	42.1	0.7						
2	марта 26.267	52.3	30.4	71.25	- 0.188	0.531	8	8	2	3
		20.7	42.6	1.75						
3	марта 28.228	52.75	31.05	71.5	- 0.090	0.529	16	16	2	3
		21.25	42.95	2.5						
4	марта 30.250	53.25	31.75	71.8	- 0.074	0.475	16	16	1	2
		21.75	43.25	3.2						

Углы паденія ( $i$ ) и отраженія ( $\varepsilon$ ). Грин. ср. вр.					Относительныя яркости въ звѣзд- ныхъ величинахъ.		З а м ъ т к и.			
№	Грин. ср. вр.	Т о ч к и			Т о ч к и		Число наведеній	Качество изобр. и наблюд.		
		1	2	3	2	3				
	1916									
5	апрѣля 1.236	53. <sup>8</sup> 22.3	32. <sup>5</sup> 43.6	72. <sup>1</sup> 4.0	- 0.084	0.567	24	24	3	4
6	апрѣля 4.253	54.55 23.15	33.55 44.15	72.55 5.15	- 0.085	0.505	16	16	4	-
7	апрѣля 6.285	55.05 23.75	34.25 44.55	72.8 6.0	- 0.085	0.374	16	16	3	4
8	апрѣля 16.281	57.65 26.85	37.95 46.55	74.25 10.25	- 0.095	0.656	16	16	1	3
9	апрѣля 16.300	-	-	-	- 0.075	0.605	16	16	1	3
10	апрѣля 17.271	57.9 27.2	38.3 46.8	74.4 10.7	- 0.147	0.691	16	16	3	3
11	апрѣля 23.276	59.5 29.3	40.65 48.15	75.25 13.55	- 0.260	0.599	16	16	2	3
12	апрѣля 24.298	59.8 29.7	41.1 48.4	75.4 14.1	- 0.248	0.556	16	16	3	3
13	апрѣля 25.306	60.05 30.05	41.45 48.65	75.6 14.5	-- 0.158	0.575	16	16	1	2
14	апрѣля 30.310	61.45 32.05	43.55 49.95	76.3 17.2	- 0.245	0.742	8	8	3	3
15	мая 1.285	61.75 32.45	44.0 50.2	76.45 17.75	- 0.329	0.729	16	16	3	3
16	мая 3.278	62.35 33.35	44.9 50.8	76.8 18.9	- 0.303	0.679	8	8	3	4
17	мая 8.203	63.8 35.5	47.10 52.20	77.55 21.80	- 0.399	0.727	24	24	5	3
18	мая 9.212	64.05 35.95	47.6 52.4	77.65 22.35	- 0.321	0.620	16	16	4	4
19	мая 13.299	65.4 38.1	49.55 53.95	78.45 25.15	- 0.218	0.856	16	16	2	3
20	мая 18.261	67.1 40.8	52.1 55.8	79.2 28.7	- 0.308	0.845	12	12	2	3
21	мая 25.171	69.5 45.1	55.9 58.7	80.35 34.25	- 0.138	0.788	16	16	2	3

## Наблюденія на положительномъ краю планеты.

		I	II	III	II	III				
22	мая 9.176	10.0 90.0	45.8 90.0	67.84 90.0	0.345	0.981	16	16	4	4
23	мая 18.233	17.9 90.0	47.7 90.0	68.65 90.0	0.292	0.988	16	16	3	3
24	мая 25.134	24.6 90.0	50.0 90.0	69.64 90.0	0.262	0.855	16	16	2	3

Какъ видно изъ таблицы, наименьшіе углы  $i$ ,  $\varepsilon$  и наибольшія яркости соотвѣтствуютъ точкѣ 2. При составленіи уравненій ( $\varepsilon$ ) (стр. 20) мы приняли точку 2 за основную. Уравненія эти вычислены нами для всѣхъ наблюденій отдельно, притомъ съ тремя членами функции  $\varphi$  ( $\varepsilon$ ), такъ какъ углы  $\varepsilon$  достигаютъ  $80^{\circ}$ ; правыя части ихъ суть логарифмы относительныхъ яркостей.

№

 $n = 1$  $n = 3$ 

1.	$0.174 A_1 + 1.222 B_1 + 3.011 C_1 = -0.0568$	$1.545 A_1 + 23.617 B_1 + 205.861 C_1 = -0.2948$
2.	$0.186 A_1 + 1.340 B_1 + 3.492 C_1 = -0.0752$	$1.593 A_1 + 25.451 B_1 + 233.222 C_1 = -0.2876$
3.	$0.192 A_1 + 1.412 B_1 + 3.782 C_1 = -0.0360$	$1.619 A_1 + 26.556 B_1 + 250.401 C_1 = -0.2476$
4.	$0.199 A_1 + 1.501 B_1 + 4.150 C_1 = -0.0288$	$1.655 A_1 + 27.968 B_1 + 272.956 C_1 = -0.2188$
5.	$0.207 A_1 + 1.608 B_1 + 4.597 C_1 = -0.0292$	$1.689 A_1 + 29.462 B_1 + 297.627 C_1 = -0.2636$
6.	$0.217 A_1 + 1.760 B_1 + 5.283 C_1 = -0.0356$	$1.744 A_1 + 31.912 B_1 + 340.014 C_1 = -0.2264$
7.	$0.226 A_1 + 1.869 B_1 + 5.790 C_1 = -0.0340$	$1.775 A_1 + 33.376 B_1 + 366.543 C_1 = -0.1936$
8.	$0.268 A_1 + 2.554 B_1 + 9.412 C_1 = -0.0380$	$1.978 A_1 + 43.965 B_1 + 580.190 C_1 = -0.3004$
9.	$0.268 A_1 + 2.554 B_1 + 9.412 C_1 = -0.0300$	$1.978 A_1 + 43.965 B_1 + 580.190 C_1 = -0.2720$
10.	$0.271 A_1 + 2.627 B_1 + 9.855 C_1 = -0.0588$	$2.003 A_1 + 45.304 B_1 + 609.897 C_1 = -0.3352$
11.	$0.300 A_1 + 3.200 B_1 + 13.443 C_1 = -0.1040$	$2.140 A_1 + 53.880 B_1 + 814.292 C_1 = -0.3436$
12.	$0.306 A_1 + 3.324 B_1 + 14.258 C_1 = -0.0992$	$2.165 A_1 + 55.612 B_1 + 858.487 C_1 = -0.3220$
13.	$0.311 A_1 + 3.429 B_1 + 14.991 C_1 = -0.0632$	$2.207 A_1 + 58.076 B_1 + 922.146 C_1 = -0.2932$
14.	$0.338 A_1 + 4.083 B_1 + 19.811 C_1 = -0.0980$	$2.335 A_1 + 67.693 B_1 + 1191.070 C_1 = -0.3948$
15.	$0.346 A_1 + 4.251 B_1 + 21.084 C_1 = -0.1316$	$2.366 A_1 + 70.030 B_1 + 1260.256 C_1 = -0.4232$
16.	$0.358 A_1 + 4.588 B_1 + 23.869 C_1 = -0.1212$	$2.442 A_1 + 75.961 B_1 + 1442.676 C_1 = -0.3928$
17.	$0.393 A_1 + 5.563 B_1 + 32.454 C_1 = -0.1588$	$2.596 A_1 + 89.771 B_1 + 1906.600 C_1 = -0.4492$
18.	$0.398 A_1 + 5.757 B_1 + 34.297 C_1 = -0.1284$	$2.635 A_1 + 93.146 B_1 + 2026.917 C_1 = -0.3760$
19.	$0.433 A_1 + 6.912 B_1 + 46.162 C_1 = -0.0872$	$2.859 A_1 + 114.477 B_1 + 2853.490 C_1 = -0.4296$
20.	$0.484 A_1 + 8.846 B_1 + 68.646 C_1 = -0.1232$	$3.070 A_1 + 140.458 B_1 + 4017.265 C_1 = -0.4612$
21.	$0.563 A_1 + 12.756 B_1 + 125.045 C_1 = -0.1040$	$3.467 A_1 + 197.799 B_1 + 7114.144 C_1 = -0.3700$

Наблюдения на положительномъ краю планеты.

 $n = \text{II}$  $n = \text{III}$ 

22.	$0.421 A_1 + 1.493 B_1 + 1.616 C_1 = -0.1380$	$1.637 A_1 + 15.979 B_1 + 95.033 C_1 = -0.3920$
23.	$0.435 A_1 + 1.685 B_1 + 2.156 C_1 = -0.0952$	$1.696 A_1 + 17.869 B_1 + 115.494 C_1 = -0.3744$
24.	$0.456 A_1 + 1.980 B_1 + 3.092 C_1 = -0.1316$	$1.774 A_1 + 20.643 B_1 + 148.726 C_1 = -0.3664$

Ниже приведены среднія уравненія для 5 группъ, при чмъ правыя части вычислены для 5 различныхъ гипотезъ относительно вида функциї  $f(i\varepsilon)$ .

Точки	Группа	$f(i\varepsilon) = \cos i \cos \varepsilon$	I	II	III	IV	V
			$\frac{\cos i \cos \varepsilon}{\cos i + \cos \varepsilon}$	$\cos i$	const.	$\cos \varepsilon$	
1	1	$0.200 A_1 + 1.530 B_1 + 4.300 C_1 = +0.1107$	+0.0963	+0.2165	+0.0636	-0.0422	
	2	$0.287 A_1 + 2.948 B_1 + 11.895 C_1 = +0.1069$	+0.0924	+0.2219	+0.0495	-0.0655	
	3	$0.359 A_1 + 4.621 B_1 + 24.305 C_1 = +0.0556$	+0.0425	+0.1770	-0.0060	-0.1274	
	4	$0.470 A_1 + 8.568 B_1 + 68.538 C_1 = +0.0846$	+0.0732	+0.2124	+0.0171	-0.1107	
	5	$0.437 A_1 + 1.719 B_1 + 2.288 C_1 = +0.0306$	-0.1216	+0.1859	-0.1216	-0.1216	
3	1	$1.660 A_1 + 28.335 B_1 + 280.946 C_1 = +0.1872$	+0.1066	+0.2969	-0.1102	-0.2475	
	2	$2.079 A_1 + 50.134 B_1 + 727.538 C_1 = +0.1600$	+0.0925	+0.2365	-0.1506	-0.3110	
	3	$2.435 A_1 + 75.864 B_1 + 1450.151 C_1 = +0.0764$	+0.0190	+0.2776	-0.2398	-0.4150	
	4	$3.008 A_1 + 136.470 B_1 + 4002.954 C_1 = +0.1028$	+0.0575	+0.2341	-0.2181	-0.4092	
	5	$1.702 A_1 + 18.164 B_1 + 119.751 C_1 = +0.0417$	-0.3776	+0.0417	-0.3776	-0.3776	

Сравнивая правыя части этихъ уравненій съ величиной коэффиціента при  $A_1$ , заключаемъ, что только при гипотезѣ IV и V мы получимъ  $A_1$  отрицательнымъ. Первые три гипотезы такимъ образомъ отпадаютъ и мы можемъ на нихъ не останавливаться. Рѣшеніе системы нашихъ уравненій приводить къ слѣдующимъ значеніямъ:

IV	[δδ]	V	[δδ]
$A_1 = -0.2520 \pm 0.0917$		$A_1 = -0.2489 \pm 0.0444$	
$B_1 = +0.00971 \pm 0.00665$	0.050986	$B_1 = +0.00442 \pm 0.00314$	0.011988
$C_1 = -0.000200 \pm 0.000160$		$C_1 = -0.000068 \pm 0.000079$	

Мы решали те же уравнения, отбросив третий член в левой части ихъ. Результаты следующие:

IV	[δδ]	V	[δδ]
$A_1 = -0.1539 \pm 0.0460$	0.062986	$A_1 = -0.2157 \pm 0.0212$	0.013410
$B_1 = +0.00197 \pm 0.00139$		$B_1 = +0.00180 \pm 0.00064$	

При обоихъ решенияхъ результаты при гипотезѣ V, какъ и въ случаѣ Юпитера и Сатурна, несравненно надежнѣе и мы имѣемъ полное основаніе остановиться именно на этой гипотезѣ. Она выражаетъ предположеніе, что планета, лишенная прозрачной атмосферы окружающей тотъ слой облаковъ, отъ котораго происходитъ отраженіе свѣта, представлялась бы намъ равномѣрно ярко. Формула  $f(i\varepsilon) = \cos \varepsilon$  для диффузного отраженія, не содержитъ угла паденія  $i$ ; если можно считать ее строгой для всѣхъ угловъ  $i$  и  $\varepsilon$ , то это обозначаетъ, что освѣщенный солнцемъ шаровой слой облаковъ свѣтить въ пространство, какъ самосвѣтящее тѣло.

## § 2. Вычисление постоянныхъ $\lambda \mu \nu$ .

Для перехода отъ постоянныхъ  $A_1 B_1 C_1$  къ постояннымъ  $\lambda \mu \nu$  по формулѣ (24)\*\* (стр. 24) мы имѣемъ въ данномъ случаѣ следующія уравненія

$z$	$\cos z$	$\cos 2z$	$e^{\varphi(z)}$	$\delta$
0	$\lambda + 1.000 \mu + 1.000 \nu = 0.5637$			+ 0.0002
10	$\lambda + 0.985 \mu + 0.940 \nu = 0.5592$			+ 0.0002
20	$\lambda + 0.940 \mu + 0.766 \nu = 0.5443$			+ 0.0005
30	$\lambda + 0.866 \mu + 0.500 \nu = 0.5178$			0.0000
40	$\lambda + 0.766 \mu + 0.174 \nu = 0.4777$			- 0.0019
50	$\lambda + 0.648 \mu - 0.174 \nu = 0.4190$			+ 0.0015
60	$\lambda + 0.500 \mu - 0.500 \nu = 0.3367$			- 0.0032
70	$\lambda + 0.342 \mu - 0.766 \nu = 0.2278$			- 0.0003
80	$\lambda + 0.174 \mu - 0.940 \nu = 0.0922$			+ 0.0053

Правые части нашихъ уравненій вычислены со значеніями постоянныхъ, получеными при первомъ решеніи начальныхъ уравненій съ тремя неизвѣстными. Рѣшеніе этой системы приводитъ къ слѣдующимъ значеніямъ постоянныхъ

$$\lambda = -0.2156; \quad \mu = +0.9388; \quad \nu = -0.1593.$$

Стоящія въ послѣднемъ столбцѣ отклоненія  $\delta$  показываютъ, что приведенные значения могутъ вполнѣ удовлетворительно замѣнить постоянныя  $A_1 B_1 C_1$ .

## Вычисленные по формулѣ

$$\log \frac{h_n}{h_2} = \log \frac{(1 + \mu' \cos i_n + \nu' \cos 2i_n)(1 + \mu' \cos \varepsilon_n + \nu' \cos 2\varepsilon_n)}{(1 + \mu' \cos i_2 + \nu' \cos 2i_2)(1 + \mu' \cos \varepsilon_2 + \nu' \cos 2\varepsilon_2)}$$

со значениями со страницы 24

$$\mu' = -4.3544 \quad \nu' = +0.7389$$

логаріюмы относительныхъ яркостей даютъ слѣдующія отклоненія отъ нашихъ среднихъ, вошедшихъ въ первоначальныя условныя уравненія.

Точки
$\left\{ \begin{array}{l} +0.0025 \\ -0.0059 \\ -0.0599 \\ -0.0318 \end{array} \right\}$
I
$\left\{ \begin{array}{l} -0.0159 \\ +0.0589 \\ +0.0369 \\ -0.0390 \\ +0.0022 \\ -0.0231 \end{array} \right\}$
II
$\left\{ \begin{array}{l} +0.0589 \\ +0.0369 \\ -0.0390 \end{array} \right\}$
III
$\left\{ \begin{array}{l} +0.0022 \\ -0.0231 \end{array} \right\}$
III

Сумма квадратовъ ихъ равна 0.011783 и даже меньше той, которая получается при постоянныхъ  $A_1 B_1 C_1$ ; но значительныя отдѣльныя отклоненія, большія возможныхъ случайныхъ ошибокъ, указываютъ на систематическая ошибки отдѣльныхъ среднихъ.

Мы можемъ найти значения  $\mu' = \frac{\mu}{\lambda}$ ,  $\nu' = \frac{\nu}{\lambda}$  и непосредственно изъ наблюдений на положительномъ краю планеты при помощи уравненій ( $\eta_2$ ) (стр. 22).

Вычисляя коэффициенты формулъ

$$\frac{h_{II}}{h_I} - 1 = \mu' \left( \cos i_{II} - \frac{h_{II}}{h_I} \cos i_I \right) + \nu' \left( \cos 2i_{II} - \frac{h_{II}}{h_I} \cos 2i_I \right)$$

$$\frac{h_{III}}{h_{II}} - 1 = \mu' \left( \cos i_{III} - \frac{h_{III}}{h_{II}} \cos i_{II} \right) + \nu' \left( \cos 2i_{III} - \frac{h_{III}}{h_{II}} \cos 2i_{II} \right)$$

для наблюдений 22, 23 и 24 отдѣльно и взявъ сумму всѣхъ трехъ уравненій, мы получили

$$\begin{aligned} -0.7304 &= -0.1395 \mu' - 2.1136 \nu' \\ -1.7421 &= -0.1028 \mu' - 3.2128 \nu' \end{aligned}$$

откуда слѣдуетъ

$$\mu' = -5.7839 \quad \nu' = +0.7272$$

При маломъ числѣ наблюдений согласіе съ предыдущими значениями надо признать удовлетворительнымъ, но, такъ какъ наблюденія на положительномъ краю вошли въ наши первоначальныя условныя уравненія, мы остановимся на первой системѣ значеній.

### § 3. Исправленіе коэффициентовъ $\mu' \nu'$ по кривой общей яркости.

Мы не пробовали исправлять  $\mu'$  и  $\nu'$  по дифференціальнымъ формуламъ (\*), примѣненнымъ къ отдѣльнымъ наблюденіямъ, въ виду того, что въ наблюденіяхъ на поверхности Венеры, произведенныхъ вдали отъ оппозиціи, возможны значительныя систематическая ошибки наведеній. Паденіе яркости къ отрицательному краю у Венеры чрезвычайно быстро и поэтому въ оцѣнкѣ  $^{1/2}$  и  $^{1/4}$  разстоянія отъ краевъ легко ввести систематическую ошибку; кроме того на отрицательномъ краю мы имѣемъ поясъ сумерокъ, ширина котораго не известна: наконецъ и положительный край смѣщенъ относительно геометрическаго края планеты вслѣдствіе горизонтальной рефракціи. Всѣ эти

причины дѣлаютъ вычисленіе угловъ паденія и отраженія свѣта въ точкахъ поверхности Венеры при большихъ углахъ фазы весьма ненадежнымъ.

У насъ имѣется другой болѣе объективый критерій точности значеній постоянныхъ  $\mu'$  и  $\nu'$ , а именно кривая общей яркости планеты, выведенная Müller'омъ изъ многочисленныхъ наблюдений (Müller — Photometrie d. Gestirne. Стр. 359). Относительно этой кривой мы однако должны замѣтить, что для большихъ угловъ фазы ее никогда не удастся представить теоретической формулой, не принимающей въ разсчетъ дѣйствія горизонтальной рефракціи, а также яркости пояса сумерокъ. Явленіе удлиненія роговъ серпа Венеры, по временамъ весьма значительное вблизи оппозиціи, увеличиваетъ яркость планеты относительно теоретического ея значенія на неизвѣстную и переменную величину и то же можно сказать о поясѣ сумерокъ. Мы будемъ поэтому пользоваться только частью кривой фазы до  $\alpha = 110^{\circ}$ . Въ нижеслѣдующей таблицѣ сопоставлены значенія яркости Венеры, вычисленные съ найденными значеніями  $\mu'$   $\nu'$  при помощи таблицы интеграловъ II-ой. За начальное значение принята яркость  $-4.44$  для  $\alpha = 20^{\circ}$ ; рядомъ выписаны яркости по Müller'у и разности: наблюденіе — вычисленіе (предпослѣдній столбецъ).

Таблица I.

$\alpha$	$m$ выч.	$m$ набл.	Наблюд.	—	вычисл.
$20^{\circ}$	— 4.44	— 4.44	0.00	—	0.13
30	— 4.36	— 4.30	+ 0.06	—	— 0.06
40	— 4.24	— 4.15	+ 0.09	+	0.00
50	— 4.09	— 3.99	+ 0.10	+	0.04
60	— 3.90	— 3.82	+ 0.08	+	0.06
70	— 3.67	— 3.63	+ 0.04	+	0.07
80	— 3.39	— 3.43	— 0.04	+	0.04
90	— 3.05	— 3.21	— 0.16	+	0.01
100	— 2.64	— 2.96	— 0.32	—	— 0.06
110	— 2.14	— 2.69	— 0.55	—	— 0.17

Примѣненіе формулы ( $\sigma$ ) (стр. 29) для нахожденія поправокъ  $\Delta\mu$   $\Delta\nu$  даетъ нормальныя уравненія съ очень малымъ опредѣлителемъ. Задача исправленія постоянныхъ кривой фазы по строгой формулѣ становится неопределенной повидимому потому, что въ ней мы считали переменнымъ подлежащимъ исправленію также и масштабъ  $K$ . Дѣйствительно, положивъ  $K = K_0$ , что равносильно уничтоженію вторыхъ членовъ (вычитаемыхъ) въ скобкахъ правой части, мы, при помощи упрощенной такимъ образомъ формулы, приходимъ къ вполнѣ однозначнымъ значеніямъ поправокъ. Система условныхъ уравненій слѣдующая:

$\alpha$	$\frac{-0.4m_{\alpha} - K_0 \psi_{\alpha}}{M}$	$\frac{\partial \psi_{\alpha}}{\partial \nu}$	$\frac{\partial \psi_{\alpha}}{\partial \nu}$		
				$=$	$=$
20	0.0000	=	— 0.7069	$\Delta\mu$	— 0.1336 $\Delta\nu$
30	— 0.0525	=	— 0.7069	"	— 0.0918 "
40	— 0.0840	=	— 0.7060	"	— 0.0318 "
50	— 0.0919	=	— 0.7043	"	+ 0.0485 "
60	— 0.0737	=	— 0.7020	"	+ 0.1528 "
70	— 0.0345	=	— 0.6991	"	+ 0.2837 "
80	+ 0.0394	=	— 0.6951	"	+ 0.4481 "
90	+ 0.1487	=	— 0.6917	"	+ 0.6538 "
100	+ 0.2947	=	— 0.6891	"	+ 0.9135 "
110	+ 0.5089	=	— 0.6921	"	+ 1.2568 "

Нормальныя уравненія слѣдующія

$$\begin{aligned} 4.8909 \Delta \mu - 2.4207 \Delta \nu &= -0.4485 \\ -2.4207 \Delta \mu + 3.1756 \Delta \nu &= 1.0057 \end{aligned}$$

Отсюда получаются поправки:

$$\begin{aligned} \Delta \mu &= +0.1045 \pm 0.0289 \\ \Delta \nu &= +0.3963 \pm 0.0411 \end{aligned}$$

Въ послѣднемъ столбцѣ таблицы I выписаны разности между наблюденной кривой фазы и вычисленной съ исправленными значениями

$$\mu = -4.25 \quad \nu = +1.135$$

Примѣнняя дифференціальныя формулы вторично, можно добиться еще нѣсколько лучше согласія кривыхъ. Но, по мотивамъ, указаннымъ въ началѣ этого параграфа, мы считаемъ согласіе вполнѣ удовлетворительнымъ. Итакъ мы имѣемъ для относительныхъ яркостей

$$\frac{h_n}{h_1} = \frac{(1 - 4.25 \cos i_n + 1.135 \cos 2i_n)(1 - 4.25 \cos \varepsilon_n + 1.135 \cos 2\varepsilon_n)}{(1 - 4.25 \cos i_1 + 1.135 \cos 2i_1)(1 - 4.25 \cos \varepsilon_1 + 1.135 \cos 2\varepsilon_1)} \quad (\text{C})$$

#### § 4. О случайныхъ и систематическихъ ошибкахъ наблюдений.

Вычисливъ съ исправленными значениями  $\mu$  и  $\nu$  теоретическія относительныя яркости для всѣхъ отдельныхъ наблюдений, мы имѣемъ возможность вычислить какъ случайныя, такъ и систематическая ошибки въ отдельныхъ точкахъ, отдельно для обоихъ рефракторовъ. Слѣдующая таблица содержитъ результаты этого вычислѣнія. При вычислѣніи приняты во вниманіе всѣ наблюдений пропорціональные числу наведеній. Подъ средней ошибкой единицы всѣхъ мы разумѣемъ, какъ и у другихъ планетъ, ошибку наблюденія, состоящаго изъ 8 наведеній на каждую точку.

Таблица II.

		Точки	
		1	3
Ср. ош. набл. 1 всѣ	рефр. Фрауэнг. „ Репсольда	$\pm 0.0325$ $0.0360$	$\pm 0.0544$ $0.0481$
Системат. ошибка	рефр. Фрауэнг. „ Репсольда	$-0.0126 \pm 0.0064$ $-0.0661 \pm 0.0094$	$-0.0486 \pm 0.0107$ $-0.1464 \pm 0.0126$
Систем. ошибка всѣхъ набл.		$-0.0318$	$-0.0836$

Средняя ошибка одного наблюденія приблизительно одинакова для обоихъ рефракторовъ. Это объясняется вѣроятно трудностью наблюденій при узкомъ серпѣ, произведенныхъ въ Пулковѣ.

Систематическія отклоненія при новыхъ значенияхъ  $\mu$  и  $\nu$  весьма значительны и указываютъ на то, что при оцѣнкѣ линейной координаты и фотометрируемыхъ точекъ мы систематически ошибались въ сторону терминатора планеты. Причину мы видимъ въ сумерочномъ поясе Венеры, который мы въ рѣдкихъ случаяхъ при спокойныхъ изображеніяхъ явственно различали. Благодаря ему граница свѣта, различаемая глазомъ, смѣщалась за геометрическій край планеты, и наведенія производились ошибочно въ точкѣ 2 на  $1/4$ , въ точкѣ 1 на  $1/2$ , а въ точкѣ 3 на  $3/4$  видимой величины сумероч-

наго пояса. Кроме того систематическая ошибка въ оцѣнкѣ разстояній возникаетъ вслѣдствіе весьма быстрого паденія яркости на серпѣ.

Попытка вывести ширину сумерочного пояса изъ систематической ошибки въ линейныхъ координатахъ не привела къ результату вслѣдствіе невозможности раздѣлить обѣ названныя ошибки, изъ которыхъ вторая различна въ разныхъ точкахъ.

Приближенный подсчетъ показываетъ, что ошибка въ линейной координатѣ въ 0.1 радиуса вполнѣ объясняется приведеннымъ систематическія отклоненія. Такую ошибку въ точкѣ 3 вблизи пояса сумерокъ мы считаемъ возможной. Но слѣдуетъ замѣтить, что вычисленныя систематическія отклоненія весьма сильно зависятъ отъ постоянныхъ  $\mu$  и  $\nu$ , значенія которыхъ мы считаемъ лишь первымъ приближеніемъ. Измѣненіе  $\nu$  на 0.1 уменьшаетъ наши систематическія поправки почти на половину, незначительно ухудшая согласие теоретической и наблюденной кривой фазы.

Въ виду этого мы должны оставить этотъ вопросъ не выясненнымъ до новыхъ наблюдений.

**§ 5.** Намъ остается еще вывести наиболѣе вѣроятное значеніе для коэффиціента прозрачности атмосферы Венеры, какое могутъ дать наши наблюденія.

Рѣшающая нашу первоначальную систему условныхъ уравненій съ однимъ неизвѣстнымъ  $A_1$  и съ одинаковыми вѣсами мы получаемъ

$$A_1 = -0.1608 \pm 0.0103,$$

откуда

$$\text{коэф. прозр. } p = 0.69.$$

Но, на основаніи выведенныхъ среднихъ ошибокъ, мы должны приписать наблюденіямъ на обоихъ рефракторахъ одинаковый вѣсъ и кроме того нельзя игнорировать систематическихъ ошибокъ наблюденій. Вычисливъ эти послѣднія для каждой группы наблюденій отдельно и прибавивъ ихъ къ правымъ частямъ нашихъ условныхъ уравненій, получаемъ ихъ теперь въ слѣдующемъ видѣ:

Точки		$p$
1	1 $0.200 A_1 = -0.0362$	14
	2 $0.287 A_1 = -0.0451$	12
	3 $0.359 A_1 = -0.0440$	7
	4 $0.470 A_1 = -0.0607$	7.5
3	1 $1.660 A_1 = -0.2142$	14
	2 $2.079 A_1 = -0.2446$	12
	3 $2.435 A_1 = -0.2780$	7
	4 $3.008 A_1 = -0.2785$	7.5

Справа выписаны вѣса уравненій, пропорциональные числу вошедшихъ въ нихъ наблюденій. Наблюденія на положительному краю планеты (группа 5) отброшены, какъ подверженныя неизвѣстнымъ систематическимъ погрѣшностямъ.

Нормальное уравненіе слѣдующее

$$203.9177 A_1 = -22.6830.$$

Отсюда получаемъ

$$A_1 = -0.1112 \pm 0.0017$$

$$\text{коэф. прозрачн. } p = 0.77$$

Послѣднее значеніе мы считаемъ болѣе близкимъ къ истинѣ.

## VIII.

# Марсъ.

§ 1. 14 наблюдений Марса сдѣланы рефракторомъ Фрауэнгофера, остальныхъ 8 рефракторомъ Репсольда. Наблюдения охватываютъ четырехмѣсячный періодъ около оппозиціи 1916 года. Диаметръ Марса за это время колебался въ предѣлахъ отъ 14 до 7 секундъ. Диаметръ наименьшаго отверстія призмы, съ помощью которой производились измѣренія (см. стр. 4), составлялъ около 0.1 диаметра планеты и, при малости послѣдняго, пулантированіе было чрезвычайно трудно. Фотометрированіе нашимъ фотометромъ столь малыхъ дисковъ при помощи трубъ средней величины лежитъ на границѣ возможнаго. Неизбѣжныя систематическія ошибки наведенія имѣютъ здѣсь значительное вліяніе на выводимыя формулы ослабленія свѣта. Спокойствіе изображенія очевидно играетъ тоже большую роль при малыхъ дискахъ, сильно затрудняя установку на опредѣленныя точки поверхности. При плохихъ изображеніяхъ наблюденія часто были совсѣмъ невозможны. При хорошихъ изображеніяхъ разнообразіе рисунка на поверхности планеты и различная окраска разныхъ ея частей тоже осложняли наблюденіе. Несмотря на все это мы считаемъ задачу вывода общаго закона ослабленія свѣта, а также коэффициента прозрачности атмосферы съ трубами большихъ размѣровъ и для Марса вполнѣ выполнимой (см. главу II стр. 14 и 15). Результаты нашихъ малочисленныхъ наблюденій, мы приводимъ какъ предварительные.

Въ слѣдующей таблицѣ приведены отдельныя наблюденія, полученныея какъ среднія изъ разнаго числа наведеній, указанного въ предпослѣднемъ столбцѣ. Кромѣ того таблица содѣржитъ углы паденія и отраженія свѣта въ точкахъ 1, 2, 3, вычисленные по формуламъ § 4 главы IV-ой, и замѣтки насчетъ качества изображеній и наблюденій.

Углы паденія ( $i$ ) и отраженія ( $\varepsilon$ ).					Относительная яркость въ звѣздныхъ величинахъ.		З а м ъ т к и.			
№	Грин. ср. вр.	Т о ч к и			Т о ч к и		Число наведеній	Качество		
		1	2	3	2	3		изобр.	наблюд.	
		$i$	$i$	$i$	2	3				
4	1916 февраля 5.347	4.6 0.7	33.7 29.5	25.8 29.9	0.216	0.208	12	12	3	2
5	февраля 16.398	6.1 0.7	25.6 30.0	34.7 29.6	0.225	0.124	16	16	3	2
6	февраля 22.394	10.6 0.3	21.2 30.0	39.3 29.5	0.165	0.180	16	16	3	3
7	марта 4.399	17.6 0.3	15.3 30.0	45.1 28.4	0.091	0.189	12	12	3	3
8	марта 23.415	25.0 3.3	3.7 32.0	53.6 25.3	0.048	0.228	24	24	1	2
9	марта 30.467	27.4 3.5	1.3 32.1	54.0 23.1	0.089	0.130	16	16	3	4
10	апрѣля 1.491	27.4 4.3	0.9 32.5	54.5 22.85	0.027	0.198	16	16	3	3
11	апрѣля 6.357	28.15 5.6	1.0 32.7	55.3 22.25	0.145	0.320	16	16	3	3
12	апрѣля 7.478	28.6 4.7	0.6 32.8	55.6 22.3	0.090	0.468	16	16	3	4
13	апрѣля 8.485	28.8 4.8	0.8 32.8	55.6 22.0	0.183	0.338	16	16	2	3
14	апрѣля 24.374	30.9 5.6	3.3 33.3	57.2 20.7	-0.001	0.316	16	16	2	3
15	апрѣля 29.409	31.2 5.8	3.6 33.4	57.4 20.4	-0.058	0.510	8	8	2	3
16	апрѣля 30.389	31.3 5.8	3.7 33.4	57.5 20.4	0.135	0.443	8	8	1	1
17	мая 5.340	31.6 5.9	4.0 33.5	57.7 20.2	-0.026	+0.220	16	16	2	3
18	мая 8.343	31.7 6.0	4.1 33.5	57.8 20.1	-0.106	0.690	16	16	3	4
19	мая 8.375	—	—	—	-0.033	0.560	12	16	3	4
20	мая 9.345	31.7 6.0	4.2 33.5	57.8 20.1	0.040	0.598	16	16	2	3
21	мая 9.358	—	—	—	-0.055	0.604	16	16	2	4
22	мая 25.308	31.9 6.0	4.4 33.6	57.9 20.0	0.013	0.394	24	24	1	1

Проведенные черты отдѣляютъ тѣ группы наблюдений, которыя мы соединили въ среднія, чтобы ослабить вліяніе случайныхъ ошибокъ наблюдений. Эти среднія, такимъ образомъ, получены изъ 48 до 68 отдѣльныхъ наведеній и могутъ считаться приблизительно равноточными, ибо преимущество наблюдений рефракторомъ Репсольда компенсировалось меньшимъ діаметромъ планеты при этихъ наблюденіяхъ. Вычисленные для отдѣльныхъ наблюдений и соединенные въ среднія для указанныхъ 6 группъ, уравненія ( $\varepsilon$ ) (стр. 20) имѣютъ слѣдующій видъ при 5 гипотезахъ относительно функции  $f(i\varepsilon)$

Точки	Группа	$f(i\epsilon) = \cos i \cos \epsilon$	$\frac{\cos i \cos \epsilon}{\cos i + \cos \epsilon}$	$\cos i$	const	$\cos \epsilon$
2	1	$0.442 A_1 + 1.277 B_1 + 0.809 C_1 = + 0.0160$	-0.0678	-0.0433	-0.1538	-0.0945
	2	$0.240 " + 0.598 " + 0.176 " = - 0.0371$	-0.0842	-0.0990	-0.1317	-0.0697
	3	$0.062 " + 0.186 " + 0.115 " = - 0.0702$	-0.0811	-0.1418	-0.0935	-0.0219
	4	$0.043 " + 0.137 " + 0.099 " = - 0.1001$	-0.1073	-0.1742	-0.1158	-0.0417
	5	$0.025 " + 0.080 " + 0.065 " = - 0.0623$	-0.0663	-0.1389	-0.0711	+0.0055
	6	$0.022 " + 0.070 " + 0.058 " = - 0.0659$	-0.0691	-0.1424	-0.0730	+0.0035
3	1	$0.191 " + 0.465 " + 0.140 " = - 0.0344$	-0.0728	-0.0968	-0.1121	-0.0497
	2	$0.388 " + 1.107 " + 0.582 " = + 0.0169$	-0.0562	-0.0430	-0.1300	-0.0701
	3	$0.674 " + 3.160 " + 6.113 " = + 0.1081$	+0.0082	+0.0707	-0.1115	-0.0741
	4	$0.713 " + 3.713 " + 8.448 " = + 0.0487$	-0.0501	+0.0183	-0.1744	-0.1440
	5	$0.756 " + 4.334 " + 11.373 " = + 0.0169$	-0.0815	-0.0086	-0.2108	-0.1853
	6	$0.762 " + 4.426 " + 11.839 " = - 0.0138$	-0.1118	-0.0387	-0.2415	-0.2166

Только при гипотезахъ IV и V правыя части этихъ уравненій показываютъ зависимость отъ коэффиціентовъ у неизвѣстной  $A_1$ , которая при малости входящихъ угловъ одна опредѣляетъ поглощеніе свѣта въ атмосферѣ Марса. Гипотезы I, II, III, такимъ образомъ, отпадаютъ. Мы рѣшили эту систему уравненій для гипотезы V съ двумя неизвѣстными  $A_1$  и  $B_1$ , для гипотезы IV съ тремя неизвѣстными, такъ какъ двухчленная формула въ этомъ случаѣ оставляетъ большія отклоненія въ правыхъ частяхъ уравненій. Такъ какъ гипотеза IV безусловно весьма далека отъ истины, то конечно постоянныя  $A_1$ ,  $B_1$  не имѣютъ физического значенія и мы ищемъ лишь интерполяціонную формулу для представлениія наблюденій.

$$\left. \begin{array}{l} IV \\ A_1 = -1.9420 \\ B_1 = +0.61945 \\ C_1 = -0.12670 \end{array} \right\} [\delta\delta] 0.026583 \quad \left. \begin{array}{l} V \\ A_1 = -0.1305 \pm 0.0923 \\ B_1 = -0.01751 \pm 0.01824 \end{array} \right\} [\delta\delta] 0.009335$$

Хотя и въ случаѣ Марса гипотеза V лучше представляетъ наблюденія, однако постоянныя  $A_1$ ,  $B_1$  получаются для нея съ болышею процентною ошибкою; знакъ  $B_1$  получается обратнымъ тому, который вытекаетъ изъ теоріи поглощенія, и наконецъ при помощи найденныхъ постоянныхъ, какъ будетъ показано далѣе, невозможно представить кривой фазы. Въ виду этого, мы и постоянныя  $A_1$ ,  $B_1$  для гипотезы V должны считать лишь постоянными интерполяціонной формулы, лишенными физического значенія и искаженными систематическими ошибками наблюденій.

Не отбрасывая поэтому гипотезы IV, попробуемъ подыскать постоянныя  $\lambda$ ,  $\mu$ ,  $\nu$  для обѣихъ интерполяціонныхъ формулъ.

## § 2. Определеніе постоянныхъ $\lambda$ , $\mu$ , $\nu$ .

Составимъ уравненія (и) для обѣихъ гипотезъ. Такъ какъ правыя части этихъ уравненій тождественны, то напишемъ ихъ только разъ для угловъ  $\epsilon$  отъ  $0^0$  до  $60^0$ , отдѣливъ лишь лѣвые части, которыя равны

## при гипотезѣ IV-ой

## V-ой

	$e^{\varphi(z)} = 10^{-1.9420 \sec z + 0.61945 \sec z \operatorname{tg}^2 z - 0.12670 \sec z \operatorname{tg}^4 z}$		$10^{-0.1305 \sec z - 0.01751 \sec z \operatorname{tg}^2 z}$	
	$e^{\varphi(z)}$	$\delta$	$e^{\varphi(z)}$	$\delta$
0°	$\lambda + 1.0000 \mu + 1.0000 \nu = 0.01143$	+ 0.00047	0.7404	- 0.0024
5	$\lambda + 0.9962 \mu + 0.9848 \nu = 0.01136$	+ 0.00041		
10	$\lambda + 0.9848 \mu + 0.9397 \nu = 0.01117$	+ 0.00026	0.7362	- 0.0006
15	$\lambda + 0.9659 \mu + 0.8660 \nu = 0.01086$	+ 0.00002		
20	$\lambda + 0.9397 \mu + 0.7660 \nu = 0.01046$	- 0.00026	0.7222	+ 0.0039
25	$\lambda + 0.9063 \mu + 0.6428 \nu = 0.00999$	- 0.00054		
30	$\lambda + 0.8660 \mu + 0.5000 \nu = 0.00953$	- 0.00072	0.6958	+ 0.0054
35	$\lambda + 0.8192 \mu + 0.3420 \nu = 0.00916$	- 0.00070		
40	$\lambda + 0.7660 \mu + 0.1736 \nu = 0.00897$	- 0.00035	0.6510	+ 0.0013
45	$\lambda + 0.7071 \mu + 0.0000 \nu = 0.00893$	+ 0.00033		
50	$\lambda + 0.6428 \mu - 0.1736 \nu = 0.00891$	+ 0.00123	0.5731	- 0.0055
55	$\lambda + 0.5736 \mu - 0.3420 \nu = 0.00791$	+ 0.00139		
60	$\lambda + 0.5000 \mu - 0.5000 \nu = 0.00357$	- 0.00154	0.4304	+ 0.0033

Вследствіе малости функциї  $e^{\varphi(z)}$  для гипотезы IV пришлось вычислять ее съ 5-ью знаками и решать условные уравненія для каждого 5 градусовъ угла  $z$ , въ то время какъ для гипотезы V можно было ограничиться меньшимъ числомъ уравненій. Нормальныя уравненія получаются слѣдующія:

## IV

$$\begin{aligned} 13.0000 \lambda + 10.6676 \mu + 5.1993 \nu &= 0.12225 \\ 9.0997 \mu + 5.3338 \nu &= 0.10411 \\ 5.3970 \nu &= 0.06037 \end{aligned}$$

## V

$$\begin{aligned} \lambda + 0.814 \mu + 0.387 \nu &= 0.6499 \\ 0.2125 \mu + 0.6469 \nu &= 0.1250 \\ 1.9849 \nu &= 0.3734 \end{aligned}$$

изъ нихъ получаемъ:

$$\begin{aligned} \lambda &= -0.01834 & \mu' &= \frac{\mu}{\lambda} = -2.0774 \\ \mu &= +0.03810 & \nu' &= \frac{\nu}{\lambda} = +0.4798 \\ \nu &= -0.00880 & & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda &= -0.7855 & \mu' &= \frac{\mu}{\lambda} = -2.5218 \\ \mu &= +1.9809 & \nu' &= \frac{\nu}{\lambda} = +0.5824 \\ \nu &= -0.4575 & & \end{aligned}$$

Какъ видно, обѣ системы значеній близки другъ къ другу. Это объясняется тѣмъ обстоятельствомъ, что множитель  $\frac{\cos \varepsilon_n}{\cos \varepsilon_1}$  незначительно разнится отъ 1 для нашихъ наблюдений. Подставляя найденные значения  $\mu' \nu'$  въ формулы

## IV

## V

$$\log \frac{(1 + \mu' \cos i_n + \nu' \cos 2 i_n)(1 + \mu' \cos \varepsilon_n + \nu' \cos 2 \varepsilon_n)}{(1 + \mu' \cos i_1 + \nu' \cos 2 i_1)(1 + \mu' \cos \varepsilon_1 + \nu' \cos 2 \varepsilon_1)} = \log \frac{h_n \cos \varepsilon_n}{h_1 \cos \varepsilon_1} = \log \frac{h_n}{h_1}$$

получаемъ стоящія въ первомъ столбцѣ таблицы I отклоненія наблюденныхъ отъ вычисленныхъ логарифмовъ относительныхъ яркостей.

Таблица I.

## Гипотеза IV

## V

Точки	Группа	$v'_{IV}$	$v''_{IV}$	$v'''_{IV}$	$v'_{V}$	$v''_{V}$	$v'''_{V}$
2	1	-0.0560	-0.0216	-0.1355	-0.0202	-0.0082	+0.1379
	2	-0.0897	-0.0630	-0.1379	-0.0374	-0.0288	+0.0529
	3	-0.0786	-0.0748	-0.0983	-0.0105	-0.0093	+0.0107
	4	-0.1055	-0.1028	-0.1122	-0.0333	-0.0327	-0.0247
	5	-0.0599	-0.0653	-0.0678	+0.0106	+0.0108	+0.0239
	6	-0.0675	-0.0669	-0.0722	+0.0075	+0.0089	+0.0086
3	1	-0.0775	-0.0557	-0.1171	-0.0232	-0.0152	+0.0511
	2	-0.0536	-0.0190	-0.1243	-0.0117	+0.0006	+0.1260
	3	+0.0915	+0.0908	-0.0011	+0.0732	+0.0720	+0.2854
	4	+0.0521	+0.0393	-0.0420	+0.0181	+0.0126	+0.2400
	5	+0.0404	+0.0152	-0.0563	-0.0080	-0.0177	+0.2270
	6	+0.0123	-0.0146	-0.0845	-0.0379	-0.0480	+0.1985
$[vv] = 0.058384$		0.042642	0.110369		0.011056	0.010440	0.271656

Сравнивая суммы квадратовъ отклоненій  $[v'v']$  съ полученными раньше, заключаемъ, что для гипотезы V формула съ двумя параметрами  $\mu' \nu'$  почти такъ же хорошо представляетъ наблюденія, какъ формула ( $\epsilon$ ), но при гипотезѣ IV отклоненія сильно увеличились и, повидимому, двухъ параметровъ  $\mu' \nu'$  недостаточно, чтобы замѣнить три параметра  $A_1 B_1 C_1$  формулы ( $\epsilon$ ). Мы примѣнили дифференціальныя формулы ( $\vartheta$ ) къ обѣимъ системамъ разностей  $v'$  и получили слѣдующія системы поправокъ:

$$\begin{array}{ll} \text{IV} & \text{V} \\ \Delta \mu' = -0.9382 & \mu' = -3.0156 \\ \Delta \nu' = +0.0264 & \nu' = +0.5062 \\ & \Delta \mu' = -0.6287 \quad \mu' = -3.1505 \\ & \Delta \nu' = +0.0735 \quad \nu' = +0.6559 \end{array}$$

Съ исправленными значениями  $\mu' \nu'$  получены стоящія во второмъ столбцѣ предыдущей таблицы отклоненія  $v''$ ; несмотря на значительное измѣненіе постоянного  $\mu'$  суммы квадратовъ отклоненій измѣнились незначительно. Въ отклоненіяхъ  $v''_{IV}$  при гипотезѣ IV остаются крупныя систематическая ошибки. Мы имѣли бы полное основаніе отбросить гипотезу IV и остановиться на гипотезѣ V, если бы съ найденными значениями  $\mu' \nu'$  можно было представить кривую фазы, вычисленную по формулѣ ( $\vartheta$ )\*.

## § 3. Вычисление кривой фазы.

Вычисляя съ обѣими системами  $\mu' \nu'$  для обѣихъ гипотезъ по формуламъ ( $\vartheta$ ) и ( $\vartheta$ )\* кривые измѣненія общей яркости Марса, мы получаемъ слѣдующія отклоненія въ звѣздныхъ величинахъ отъ наблюденной Müller'омъ кривой

Таблица II.

$a$	По Müller'у	IV			V		
		$m_a$	$\delta'_{IV}$	$\delta''_{IV}$	$\delta'''_{IV}$	$\delta'_{V}$	$\delta''_{V}$
0°	-1.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.05
5	-1.71	+0.02	+0.06	+0.04	+0.07	+0.07	+0.03
10	-1.64	+0.03	+0.11	+0.05	+0.13	+0.13	+0.07
15	-1.56	+0.01	+0.15	+0.06	+0.17	+0.18	+0.10
20	-1.49	0.00	+0.18	+0.07	+0.21	+0.23	+0.11
25	-1.42	-0.02	+0.21	+0.08	+0.25	+0.27	+0.11
30	-1.34	-0.06	+0.23	+0.06	+0.26	+0.29	+0.09
35	-1.27	-0.10	+0.23	+0.04	+0.26	+0.30	+0.05
40	-1.19	-0.17	+0.22	+0.01	+0.26	+0.31	0.00
45	-1.12	-0.23	+0.22	-0.01	+0.25	+0.31	-0.08

9\*

Какъ видно изъ этихъ отклоненій, кривая фазы хуже представляется при гипотезѣ V, чѣмъ при гипотезѣ IV. Попробуемъ исправить постоянныя по дифференціальнymъ формуламъ ( $\sigma$ ), исходя изъ начальныхъ значеній  $\mu$   $\nu$  для обѣихъ гипотезъ. Какъ и въ случаѣ Венеры примѣняемъ упрощенные формулы ( $\sigma$ ) безъ вторыхъ членовъ въ скобкахъ. Получается слѣдующая система поправокъ:

IV	V		
$\Delta\mu = -0.0347 \pm 0.0048$	$\mu = -2.1121$	$\Delta\mu = +0.1467 \pm 0.0212$	$\mu = -2.3751$
$\Delta\nu = +0.0924 \pm 0.0113$	$\nu = +0.5722$	$\Delta\nu = -0.3301 \pm 0.1050$	$\nu = +0.2523$

Съ этими значеніями кривая фазы даетъ отклоненія  $\delta''$ , стоящія въ третьемъ столбцѣ предыдущей таблицы. Согласіе слѣдуетъ признать вполнѣ удовлетворительнымъ, считаясь съ возможными ошибками кривой блеска. Но вычисляя съ этими значеніями  $\mu$   $\nu$  относительныя яркости, мы получаемъ отклоненія  $v''$  таблицы I<sup>o</sup>. Отклоненія эти для гипотезы V столь велики, что не могутъ быть объяснены систематическими ошибками наблюдений. Сумма квадратовъ ихъ значительно больше соответственной суммы для гипотезы IV.

Такимъ образомъ мы приходимъ къ заключенію, что не существуетъ такихъ системъ значеній постоянныхъ  $\mu$   $\nu$ , которая удовлетворительно представляли бы какъ наблюденныя относительныя яркости, такъ и кривую фазы. Наилучшее согласіе даетъ третья система при гипотезѣ IV, но и здѣсь въ относительныхъ яркостяхъ остаются еще значительныя систематическія отклоненія до 0.2 звд. вел.

Хотя мы не исключаемъ возможности столь крупныхъ ошибокъ наведеній и возникающихъ отсюда ошибокъ въ вычисленныхъ углахъ  $\iota$  и  $\epsilon$ , которые объяснили бы эти отклоненія, однако нашихъ наблюдений недостаточно, чтобы категорически рѣшать дилемму именно въ этомъ смыслѣ. При чрезвычайной трудности наблюдений Марса такая гипотеза вполнѣ вѣроятна, но является не единственной. Укажемъ другія возможныя объясненія.

1) Двухъ постоянныхъ  $\mu$   $\nu$  недостаточно и наше разложеніе должно быть дополнено членомъ съ  $\cos 4z$ . Возможно также, что слѣдуетъ принять различныя постоянныя  $\mu$   $\nu$  при косинусахъ угловъ паденія и отраженія (см. стр. 21).

2) Сравнивая кривыя фазы Марса, полученные M<sup>u</sup>ller'омъ и Кононовичемъ<sup>1)</sup>, мы находимъ, что различіе между ними достигаетъ 0.18 зв. вел. Наблюденія общей яркости Марса подвержены значительнымъ систематическимъ ошибкамъ, какъ вслѣдствіе его отмѣнно желтой окраски, такъ и потому, что яркость планеты мѣняется весьма значительно (на 4 зв. вел.) и приходится мѣнять звѣзды сравненія или искусственно ослаблять планету. Невозможно также исключить, особенно изъ наблюдений въ одной или нѣсколькихъ оппозиціяхъ, влиянія на кривую фазы, такихъ физическихъ измѣненій на поверхности Марса, какъ уменьшеніе интенсивно яркаго полярного пятна, и одновременное потемнѣніе значительной части остальной поверхности, связанное съ появлениемъ морей и каналовъ. Если этотъ процессъ совпадаетъ съ увеличеніемъ угла фазы, то онъ долженъ значительно исказить кривую общей яркости. Обращаясь къ оригиналльному мемуару M<sup>u</sup>llera<sup>2)</sup>, мы не находимъ тамъ разработки этого вопроса, а встрѣчаемъ лишь указанія на значительныя случайныя отклоненія отдѣльныхъ измѣреній, большія чѣмъ у какой либо другой планеты, которая и авторъ приписываетъ физическимъ измѣненіямъ на поверхности. Приводимыя для сравненія кривыя Зейделя и Пикеринга тоже даютъ отклоненія отъ кривой M<sup>u</sup>llera въ 0.2 зв. вел.

1) Müller — Photometrie der Gestirne, стр. 371.

2) Publikationen des Astronomischen Observatoriums zu Potsdam. 8. Band 1893. Helligkeitsbestimmungen von Planeten, стр. 326—330.

Наши наблюдения относительной яркости, какъ нами уже указано, производились исключительно въ точкахъ поверхности, не подвергавшихся физическимъ измѣненіемъ, и поэтому теоретическая кривая фазы, выведенная изъ этихъ наблюдений, и должна отличаться отъ наблюденной; въ какой степени — это сказать невозможно. Во всякомъ случаѣ, отклоненія отъ кривой Мюллера не могутъ служить намъ объективнымъ доказательствомъ и средствомъ для опредѣленія систематическихъ ошибокъ нашихъ измѣреній. Вѣроятнѣе всего надо предположить, какъ систематическая ошибка въ нашихъ наблюденіяхъ, такъ и систематическая отклоненія отъ кривой фазы Мюллера. Если допустить, что послѣднія могутъ достигать 0.15—0.2 зв. вел., то уже можно найти систему значеній  $\mu$  и  $\nu$ , удовлетворительно представлявшую наблюденія относительной яркости съ небольшими систематическими ошибками. Только будущія наблюденія, подобныя нашимъ, но выполненные съ большими трубами и болѣе многочисленныя, окончательно рѣшатъ этотъ вопросъ. Важно при этомъ, чтобы параллельно съ наблюденіями относительной яркости тѣмъ же инструментомъ была получена и кривая фазы изъ сравненій со звѣздами.

Законъ отраженія  $f(i\epsilon) = \cos \epsilon$  для Марса безусловно не вѣренъ для всѣхъ угловъ  $i$  и  $\epsilon$ , но новѣйшія наши наблюденія поверхности луны показываютъ, что въ предѣлахъ угловъ отъ  $0^{\circ}$ — $55^{\circ}$  градусовъ, какія только и входятъ въ наши измѣренія Марса, онъ можетъ считаться весьма близкимъ къ истинѣ и для планетъ съ твердой поверхностью. Если допустить его справедливымъ въ указанныхъ границахъ и для Марса, то уменьшеніе яркости отъ центра, нами наблюденное, обусловлено исключительно вліяніемъ атмосферы и мы можемъ вывести коэффиціентъ прозрачности ея, рѣшаюши наши исходныя уравненія съ однимъ неизвѣстнымъ  $A_1$ . Такое рѣшеніе даетъ:

$$A_1 = -0.218 \pm 0.019$$

$$\text{коэф. прозр. } p = 0.61.$$

Мы должны оставить открытымъ вопросъ, которая изъ системъ значеній постоянныхъ  $\mu$  и  $\nu$  заслуживаетъ предпочтенія. Вѣроятнѣе всего она лежитъ между системой 2-ой и 3-ей, изъ которыхъ одна даетъ крупные систематические отклоненія отъ кривой фазы, другая отъ нашихъ наблюдений. Мы не рѣшаемся также рѣшать вопроса которая изъ исходныхъ гипотезъ приводить къ лучшей системѣ значеній постоянныхъ  $\mu$  и  $\nu$ . Въ виду этого приведемъ какъ формулы, подлежащія исправленію на основаніи дальнѣйшихъ наблюдений, двѣ, въ которыхъ постоянныя взяты среднія изъ системъ 2-ой и 3-ей.

$$\frac{h_n}{h_1} = \frac{(1-2.56 \cos i_n + 0.54 \cos 2i_n)(1-2.56 \cos \epsilon_n + 0.54 \cos 2\epsilon_n)}{(1-2.56 \cos i_1 + 0.54 \cos 2i_1)(1-2.56 \cos \epsilon_1 + 0.54 \cos 2\epsilon_1)} \frac{\cos \epsilon_1}{\cos \epsilon_n} \quad (\mathfrak{D})$$

$$\frac{h_n}{h_1} = \frac{(1-2.76 \cos i_n + 0.45 \cos 2i_n)(1-2.76 \cos \epsilon_n + 0.45 \cos 2\epsilon_n)}{(1-2.76 \cos i_1 + 0.45 \cos 2i_1)(1-2.76 \cos \epsilon_1 + 0.45 \cos 2\epsilon_1)} \quad (\mathfrak{D})^*$$



# I.

## Таблица значеній функцій:

$$A = 2(\pi - a)$$

$$B = \pi(1 + \cos a)$$

$$C = \frac{8}{3} \left( \pi - a + \frac{\sin 2a}{2} \right)$$

$$D = \frac{1}{2} \pi (1 + \cos a)^2$$

$$E = \frac{2}{3} [\sin a + (\pi - a) \cos a]$$

$$F = \frac{16}{15} \left[ (\pi - a) (\cos^2 a + 1/2) + \frac{3}{4} \sin 2a \right]$$

для каждого градуса угла  $a$  отъ  $0^0$  до  $180^0$ .

---

$\alpha$	$A$	$B$	$C$	$D$	$E$	$F$	$\alpha'$
0 <sup>0</sup>	6.2832	6.2832	8.3776	6.2832	2.0944	5.0266	0 <sup>0</sup>
1	.2483	.2827	.3776	.2828	.0941	.0256	1
2	.2134	.2813	.3775	.2794	.0981	.0225	2
3	.1785	.2789	.3773	.2746	.0916	.0174	3
4	.1436	.2755	.3770	.2679	.0894	.0102	4
5	.1086	.2712	.3764	.2593	.0866	.0010	5
6	.0737	.2660	.3755	.2488	.0832	4.9899	6
7	.0388	.2598	.3743	.2365	.0792	.9768	7
8	.0039	.2526	.3727	.2222	.0746	.9616	8
9	5.9690	.2445	.3707	.2061	.0695	.9445	9
10	.9341	.2355	.3682	.1881	.0638	.9255	10
11	.8992	.2255	.3651	.1683	.0575	4.9045	11
12	.8643	.2145	.3614	.1467	.0507	.8817	12
13	.8294	.2027	.3570	.1232	.0433	.8569	13
14	.7945	.1899	.3519	.0980	.0354	.8303	14
15	.7596	.1761	.3461	.0710	.0270	.8019	15
16	.7247	.1615	.3394	.0421	.0181	.7717	16
17	.6898	.1459	.3319	.0116	.0086	.7397	17
18	.6549	.1294	.3235	5.9795	1.9987	.7062	18
19	.6200	.1120	.3141	.9456	.9883	.6708	19
20	.5850	.0937	.3038	.9100	.9774	.6338	20
21	.5501	.0745	.2923	.8728	.9661	.5953	21
22	.5152	.0544	.2798	.8340	.9543	.5551	22
23	.4803	.0334	.2662	.7936	.9420	.5135	23
24	.4454	.0116	.2514	.7518	.9294	.4704	24
25	.4105	5.9888	.2354	.7083	.9163	.4259	25
26	.3756	.9652	.2181	.6634	.9028	.3799	26
27	.3407	.9408	.1996	.6171	.8889	.3327	27
28	.3058	.9155	.1798	.5693	.8746	.2842	28
29	.2709	.8893	.1586	.5201	.8599	.2344	29
30	.2360	.8623	.1360	.4696	.8448	.1835	30
31	.2011	.8345	.1120	.4178	.8294	.1314	31
32	.1662	.8058	.0866	.3647	.8137	.0783	32
33	.1313	.7763	.0597	.3104	.7976	.0241	33
34	.0964	.7461	.0314	.2549	.7812	3.9689	34
35	.0614	.7150	.0015	.1983	.7644	.9128	35
36	.0265	.6832	7.9701	.1405	.7474	.8559	36
37	4.9916	.6506	.9372	.0817	.7301	.7982	37
38	.9567	.6172	.9027	.0218	.7124	.7396	38
39	.9218	.5831	.8666	4.9610	.6946	.6804	39
40	.8869	.5482	.8290	.8992	.6764	.6205	40
41	.8520	.5126	.7897	.8365	.6580	.5600	41
42	.8171	.4762	.7488	.7729	.6394	.4990	42
43	.7822	.4392	.7063	.7086	.6205	.4375	43
44	.7473	.4015	.6622	.6435	.6014	.3756	44
45	.7124	.3630	.6165	.5777	.5821	.3133	45
46	.6775	.3239	.5691	.5111	.5627	.2506	46
47	.6426	.2842	.5201	.4440	.5430	.1877	47
48	.6077	.2437	.4696	.3762	.5231	.1246	48
49	.5728	.2027	.4174	.3080	.5031	.0613	47
50	.5378	.1610	.3635	.2392	.4830	2.9979	50
51	.5029	.1187	.3081	.1700	.4627	.9344	51
52	.4680	.0757	.2511	.1004	.4423	.8710	52
53	.4331	.0323	.1925	.0304	.4217	.8075	53
54	.3982	4.9882	.1324	3.9601	.4011	.7442	54
55	.3638	.9435	.0707	.8895	.3803	.6809	55
56	.3284	.8983	.0074	.8187	.3595	.6178	56
57	.2935	.8526	6.9427	.7478	.3386	.5550	57
58	.2586	.8064	.8765	.6767	.3176	.4925	58
59	.2237	.7596	.8088	.6055	.2966	.4302	59
60	.1888	.7124	.7397	.5343	.2755	.3683	60

<i>a</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>a</i>
60 <sup>0</sup>	4.1888	4.7124	6.7397	3.5343	1.2755	2.3683	60 <sup>0</sup>
61	.1539	.6647	.6692	.4631	.2544	.3069	61
62	.1190	.6165	.5973	.3919	.2332	.2458	62
63	.0841	.5678	.5241	.3208	.2121	.1854	63
64	.0492	.5188	.4495	.2498	.1909	.1252	64
65	.0142	.4693	.3737	.1791	.1697	.0657	65
66	3.9793	.4194	.2966	.1085	.1486	.0068	66
67	.9444	.3691	.2184	.0381	.1274	1.9485	67
68	.9095	.3185	.1389	2.9681	.1063	.8909	68
69	.8746	.2674	.0583	.8984	.0852	.8339	69
70	.8397	.2161	5.9767	.8290	.0642	.7777	70
71	.8048	.1644	.8939	.7601	.0433	.7222	71
72	.7699	.1124	.8102	.6916	.0224	.6675	72
73	.7350	.0601	.7256	.6236	.0015	.6136	73
74	.7001	.0075	.6400	.5561	0.9808	.5606	74
75	.6652	3.9547	.5536	.4891	.9602	.5083	75
76	.6303	.9016	.4663	.4228	.9396	.4570	76
77	.5954	.8483	.3783	.3570	.9192	.4065	77
78	.5605	.7948	.2896	.2919	.8989	.3569	78
79	.5256	.7410	.2002	.2274	.8787	.3083	79
80	.4906	.6871	.1102	.1637	.8586	.2606	80
81	.4557	.6330	.0197	.1007	.8887	.2138	81
82	.4208	.5788	4.9286	.0384	.8189	.1681	82
83	.3859	.5245	.8371	1.9770	.7993	.1233	83
84	.3510	.4700	.7452	.9164	.7798	.0795	84
85	.3161	.4154	.6530	.8566	.7605	.0367	85
86	.2812	.3607	.5605	.7976	.7413	0.9948	86
87	.2463	.3060	.4678	.7395	.7224	.9540	87
88	.2114	.2512	.3749	.6824	.7036	.9143	88
89	.1765	.1964	.2819	.6261	.6850	.8755	89
90	.1416	.1416	.1888	.5708	.6667	.8378	90
91	.1067	.0868	.0957	.5165	.6485	.8010	91
92	.0718	.0319	.0027	.4631	.6305	.7653	92
93	.0369	2.9772	3.9098	.4107	.6128	.7306	93
94	.0020	.9224	.8171	.3593	.5952	.6970	94
95	2.9671	.8678	.7245	.3089	.5779	.6643	95
96	.9322	.8132	.6823	.2596	.5608	.6827	96
97	.8973	.7587	.5404	.2113	.5440	.6020	97
98	.8623	.7044	.4489	.1640	.5274	.5723	98
99	.8274	.6502	.3579	.1178	.5110	.5437	99
100	.7925	.5961	.2674	.0726	.4949	.5160	100
101	.7576	.5421	.1773	.0285	.4790	.4892	101
102	.7227	.4884	.0880	0.9855	.4634	.4634	102
103	.6878	.4349	2.9993	.9436	.4480	.4386	103
104	.6529	.3816	.9112	.9027	.4329	.4147	104
105	.6180	.3285	.8240	.8629	.4181	.3917	105
106	.5831	.2756	.7376	.8242	.4035	.3696	106
107	.5482	.2281	.6519	.7866	.3892	.3483	107
108	.5133	.1708	.5673	.7500	.3752	.3280	108
109	.4784	.1188	.4836	.7145	.3614	.3085	109
110	.4435	.0671	.4008	.6801	.3479	.2898	110
111	.4086	.0157	.3192	.6467	.3347	.2720	111
112	.3737	1.9647	.2387	.6144	.3217	.2549	112
113	.3387	.9141	.1592	.5831	.3091	.2386	113
114	.3038	.8638	.0809	.5529	.2967	.2231	114
115	.2689	.8189	.0039	.5237	.2846	.2084	115
116	.2340	.7644	1.9280	.4955	.2728	.1943	116
117	.1991	.7158	.8585	.4683	.2612	.1810	117
118	.1642	.6667	.7802	.4421	.2500	.1683	118
119	.1293	.6185	.7083	.4169	.2390	.1563	119
120	.0944	.5708	.6378	.3927	.2283	.1449	120



## II.

### Таблица значеній функцій:

$$A' = \frac{\pi}{2} (1 + \cos a)$$

$$B' = \frac{2}{3} (1 + \cos a) [(\pi - a) + \sin a]$$

$$C' = \frac{1}{4} \pi [(1 + \cos a) (3 + \cos^2 a) + \sin 2a \sin a]$$

$$D' = \frac{4}{15} [(\pi - a + \sin a) (3 \cos a + 2 \cos^2 a + 1) + \sin^3 a]$$

$$E' = \frac{\pi}{8} (1 + \cos a)^2$$

$$F' = \frac{1}{6} \pi (1 + \cos a)^3$$

для кождаго градуса угла  $a$  отъ  $0^0$  до  $180^0$ .

---

<i>a</i>	<i>A'</i>	<i>B'</i>	<i>C'</i>	<i>D'</i>	<i>E'</i>	<i>F'</i>	<i>a</i>
0°	3.1416	4.1887	6.2832	5.0265	1.5708	4.1888	0°
1	.1414	.1884	.2827	.0256	.5706	.1879	1
2	.1406	.1875	.2813	.0229	.5698	.1850	2
3	.1394	.1859	.2789	.0185	.5686	.1802	3
4	.1378	.1836	.2755	.0122	.5670	.1735	4
5	.1356	.1806	.2712	.0042	.5648	.1649	5
6	.1330	.1770	.2659	4.9944	.5622	.1545	6
7	.1299	.1727	.2597	.9829	.5591	.1422	7
8	.1263	.1678	.2525	.9696	.5556	.1280	8
9	.1223	.1621	.2443	.9546	.5515	.1119	9
10	.1177	.1558	.2351	.9379	.5470	.0941	10
11	.1127	.1487	.2250	.9194	.5421	.0744	11
12	.1073	.1410	.2138	.8992	.5367	.0530	12
13	.1013	.1325	.2017	.8774	.5308	.0298	13
14	.0949	.1234	.1885	.8539	.5245	.0049	14
15	.0881	.1135	.1744	.8287	.5177	3.9784	15
16	.0807	.1029	.1592	.8019	.5105	.9501	16
17	.0730	.0916	.1430	.7735	.5029	.9202	17
18	.0647	.0796	.1258	.7437	.4949	.8888	18
19	.0560	.0668	.1075	.7122	.4864	.8557	19
20	.0469	.0533	.0882	.6791	.4775	.8212	20
21	.0373	.0391	.0678	.6446	.4682	.7852	21
22	.0272	.0242	.0464	.6087	.4585	.7477	22
23	.0167	.0085	.0239	.5712	.4484	.7089	23
24	.0058	3.9922	.0004	.5325	.4379	.6688	24
25	2.9944	.9751	5.9757	.4923	.4271	.6273	25
26	.9826	.9573	.9499	.4508	.4158	.5845	26
27	.9704	.9387	.9232	.4080	.4043	.5406	27
28	.9577	.9195	.8952	.3640	.3923	.4956	28
29	.9447	.8995	.8662	.3187	.3800	.4494	29
30	.9312	.8788	.8360	.2722	.3674	.4022	30
31	.9172	.8574	.8047	.2246	.3545	.3539	31
32	.9029	.8353	.7723	.1758	.3412	.3048	32
33	.8882	.8125	.7388	.1260	.3276	.2547	33
34	.8731	.7890	.7041	.0752	.3137	.2038	34
35	.8575	.7648	.6683	.0284	.2996	.1521	35
36	.8416	.7399	.6314	3.9707	.2851	.0998	36
37	.8253	.7143	.5934	.9170	.2704	.0467	37
38	.8086	.6881	.5541	.8625	.2555	2.9930	38
39	.7915	.6612	.5138	.8072	.2402	.9388	39
40	.7741	.6336	.4723	.7511	.2248	.8840	40
41	.7563	.6054	.4297	.6943	.2091	.8289	41
42	.7381	.5765	.3859	.6368	.1932	.7733	42
43	.7196	.5470	.3411	.5787	.1771	.7174	43
44	.7007	.5169	.2951	.5201	.1609	.6612	44
45	.6815	.4862	.2480	.4609	.1444	.6049	45
46	.6620	.4549	.1999	.4012	.1278	.5483	46
47	.6421	.4230	.1506	.3411	.1110	.4916	47
48	.6219	.3905	.1002	.2806	.0941	.4348	48
49	.6013	.3575	.0488	.2198	.0770	.3781	49
50	.5805	.3238	4.9964	.1587	.0598	.3214	50
51	.5593	.2897	.9428	.0973	.0425	.2647	51
52	.5379	.2550	.8888	.0857	.0251	.2083	52
53	.5161	.2198	.8328	2.9740	.0076	.1520	53
54	.4941	.1842	.7768	.9122	0.9900	.0959	54
55	.4718	.1480	.7188	.8503	.9724	.0402	55
56	.4492	.1113	.6604	.7883	.9547	1.9847	56
57	.4263	.0742	.6011	.7265	.9369	.9297	57
58	.4082	.0367	.5409	.6647	.9192	.8750	58
59	.3798	2.9988	.4798	.6031	.9014	.8208	59
60	.3562	.9604	.4179	.5415	.8836	.7672	60

<i>a</i>	<i>A'</i>	<i>B'</i>	<i>C'</i>	<i>D'</i>	<i>E'</i>	<i>F'</i>	<i>a</i>
60 <sup>0</sup>	2.3562	2.9604	4.4179	2.5415	0.8836	1.7672	60 <sup>0</sup>
61	.3323	.9217	.3552	.4802	.8658	.7140	61
62	.3082	.8826	.2916	.4192	.8480	.6614	62
63	.2839	.8431	.2274	.3584	.8302	.6095	63
64	.2594	.8033	.1624	.2980	.8125	.5582	64
65	.2347	.7631	.0968	.2380	.7948	.5075	65
66	.2097	.7227	.0306	.1783	.7771	.4576	66
67	.1846	.6820	3.9636	.1191	.7595	.4084	67
68	.1592	.6410	.8962	.0605	.7420	.3600	68
69	.1337	.5998	.8282	.0023	.7246	.3124	69
70	.1080	.5584	.7598	1.9446	.7073	.2655	70
71	.0822	.5168	.6909	.8876	.6900	.2196	71
72	.0562	.4749	.6215	.8312	.6729	.1745	72
73	.0301	.4329	.5518	.7754	.6559	.1302	73
74	.0038	.3908	.4819	.7204	.6390	.0869	74
75	1.9774	.3486	.4116	.6660	.6223	.0445	75
76	.9508	.3062	.3411	.6124	.6057	.0030	76
77	.9242	.2638	.2704	.5596	.5892	0.9624	77
78	.8974	.2213	.1996	.5075	.5730	.9228	78
79	.8705	.1787	.1287	.4563	.5569	.8842	76
80	.8436	.1362	.0577	.4059	.5409	.8465	80
81	.8165	.0936	2.9867	.3563	.5252	.8098	81
82	.7894	.0510	.9158	.3077	.5096	.7740	82
83	.7622	.0085	.8450	.2600	.4942	.7393	83
84	.7350	1.9661	.7744	.2131	.4791	.7056	84
85	.7077	.9237	.7039	.1673	.4641	.6728	85
86	.6804	.8815	.6337	.1223	.4494	.6410	86
87	.6530	.8393	.5638	.0783	.4349	.6102	87
88	.6256	.7973	.4942	.0353	.4206	.5804	88
89	.5982	.7555	.4250	0.9932	.4065	.5515	89
90	.5708	.7139	.3562	.9522	.3927	.5236	90
91	.5434	.6724	.2879	.9122	.3791	.4967	91
92	.5160	.6312	.2201	.8731	.3658	.4707	92
93	.4886	.5902	.1529	.8351	.3527	.4456	93
94	.4612	.5495	.0864	.7981	.3398	.4215	94
95	.4339	.5091	.0204	.7620	.3272	.3983	95
96	.4066	.4689	1.9552	.7270	.3149	.3760	96
97	.3794	.4291	.8907	.6931	.3028	.3545	97
98	.3522	.3896	.8270	.6601	.2910	.3340	98
99	.3251	.3505	.7641	.6281	.2794	.3142	99
100	.2980	.3117	.7021	.5971	.2682	.2955	100
101	.2711	.2734	.6409	.5672	.2571	.2774	101
102	.2442	.2354	.5807	.5382	.2464	.2602	102
103	.2174	.1979	.5215	.5103	.2359	.2438	103
104	.1908	.1608	.4633	.4833	.2257	.2281	104
105	.1642	.1241	.4060	.4572	.2157	.2132	105
106	.1378	.0879	.3499	.4321	.2060	.1990	106
107	.1115	.0522	.2948	.4080	.1966	.1855	107
108	.0854	.0170	.2409	.3848	.1875	.1727	108
109	.0594	0.9823	.1880	.3625	.1786	.1606	109
110	.0336	.9481	.1364	.3411	.1700	.1492	110
111	.0079	.9145	.0859	.3206	.1617	.1383	111
112	0.9824	.8814	.0366	.3010	.1536	.1281	112
113	.9570	.8489	0.9886	.2822	.1458	.1184	113
114	.9819	.8169	.9417	.2643	.1381	.1093	114
115	.9069	.7855	.8961	.2471	.1309	.1008	115
116	.8822	.7548	.8518	.2809	.1239	.0928	116
117	.8577	.7246	.8087	.2153	.1171	.0852	117
118	.8884	.6950	.7670	.2005	.1105	.0782	118
119	.8098	.6661	.7264	.1865	.1042	.0716	119
120	.7854	.6877	.6872	.1782	.0982	.0654	120



Наблюденія.

The observations.



# Сатурнъ.

Наблюденія №№ 1 до 9 произведены на рефракторѣ Цейсса съ отверствіемъ объектива въ 200 миллим. и фокуснымъ разстояніемъ 3600 миллим. безъ діафрагмы.

№№ 10 до 22 на рефракторѣ Фрауэнгофера со свободнымъ отверствіемъ въ 243 миллиметра и фокусн. разстояніемъ 4331 милли. при пользованіи діафрагмой въ 125 милли.;

№№ 23 до 28 на 15-ти дюймовомъ рефракторѣ Пулковской Обсерваторіи съ фокусн. разстояніемъ 6874 миллим. при діафрагмѣ въ 12 дюймовъ.

Точки 1, 2, 3, 4, 5, въ которыхъ производились измѣренія, взяты на большой оси диска планеты. Точка 1, относительно которой вычислялись относительныя яркости остальныхъ, взята въ центрѣ планеты, точки 2 и 4 на разстояніи  $\frac{1}{2}$  и  $\frac{3}{4}$  большой полуоси въ сторону положительного края, точки 3 и 5 на такихъ-же разстояніяхъ въ сторону отрицательного края планеты, считая отъ центра.

Въ столбцѣ, Замѣтки, первое число характеризуетъ качество изображеній, второе — качество наблюденій причемъ 5 обозначаетъ отлично, 1 очень плохо. Если приведено только одно число, то оно является оцѣнкой наблюденія.

# Saturn.

The Observations №№ 1—9 incl. are made with the Zeiss Refractor with an objective of 200 mm., focal length 3600 mm. and without diaphragms;

№№ 10—22 incl. — with the old refractor of Frauenhofer, aperture 243, focal length 4331 mm. and using a diaphragm of 125 mm. in diameter;

№№ 23—28 — with the 15 inch refr. of Poukowo, foc. length 6874 mm. and using a diaphragm of 12 inch. at diameter.

The points 1, 2, 3, 4, 5, at which the measures were made are lying on the great axis of the visible disc. Point 1, with regard to which the relative intensities are computed, is in the centre of the disc, the points 2 and 4 at a distance of  $\frac{1}{2}$  and  $\frac{3}{4}$  of the great semi-diameter towards the positive edge, the points 3 and 5 at the same distances towards the negative edge of the planet reckoned from the centre.

In the column Remarks the first number is an estimation of the correctness of the images, the second of the observation itself. 5 means excellent, 1 — very bad. If only one number is quoted, it will mean the valuation of the observation.

## Saturn.

№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точ- кахъ: The readings of the circle:					Ампера- in 0.01 ам.	Фонъ Backgr.	Замѣтки Remarks	№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точ- кахъ: The readings of the circle:					Ампера- in 0.01 ам.	Фонъ Backgr.	Замѣтки Remarks	
		1	2	4	3	5						1	2	4	3	5				
1	GrMT. Febr. 6.468	1915											1915							
		6 февраля	34.8	37.5	30.0	32.8	23.6	26.0		4.4	6	13 апрѣля	44.7	44.3	30.8	43.1	35.8	39.85		2
		13h 0m	34.2	29.2	30.6	31.3	29.4					8h 16m	47.9	44.5	38.3	38.6	33.6			
			37.2	28.5	27.7	34.3	27.4					9h 9m	52.9	40.3	33.2	46.8	31.8			
			38.5	30.0	27.7	29.4	20.4						51.8	48.5	36.9	50.2	33.4			
			40.6	36.8	30.5	37.8	22.4						46.0	40.6	36.8	44.7	38.2			
			35.6	42.2	31.0	31.1	29.2						56.7	41.8	31.4	41.2	34.0			
			35.6	31.5	—	31.6	24.2						42.6	47.4	40.0	43.5	35.4			
			39.8	32.5	—	30.2	30.8	25.6					44.2	44.4	32.6	38.4	30.4	39.85		
		Mean Средн.	37.04	33.52	29.58	32.31	25.93						Mean Средн.	48.35	43.98	35.00	43.31	34.08		
2	GrMT. March 28.259	Relat. intens.	—	0.188	0.432	0.260	0.696					Относ. яркость	—	0.159	0.574	0.186	0.625			
		28 марта	40.0	27.2	27.1	31.9	22.5	39.5		4.4	7	14 апрѣля	32.8	29.6	22.2	20.2	22.9	39.9		2+
		8h 0m	38.2	38.2	23.5	27.5	28.4					9h 15m	24.8	33.5	23.6	28.1	19.2			
			35.2	32.3	29.0	34.5	21.8						31.8	22.5	27.2	29.4	19.6			
			28.0	32.5	29.4	34.6	34.4						29.4	25.8	19.6	26.8	21.6			
			27.2	36.4	28.2	27.1	26.1						30.9	29.6	26.4	19.7	17.7			
			36.2	34.6	28.8	37.6	27.1						33.6	32.5	20.9	26.0	18.5			
			35.4	29.6	26.0	33.6	26.9						31.5	22.0	25.6	22.2	17.0			
			30.6	25.6	30.4	31.0	34.8	39.6					26.2	30.9	27.0	28.6	22.5	39.9		
		Mean Средн.	33.85	32.05	27.80	32.23	27.75						Mean Средн.	30.13	28.30	24.06	25.13	19.88		
3	GrMT. March 30.249	Относ. яркость	—	0.106	0.386	0.095	0.389					Относ. яркость	—	0.124	0.452	0.363	0.845			
		30 марта	37.4	25.8	26.8	34.5	23.3	39.7		3	8	15 апрѣля	41.0	33.4	27.6	30.6	21.4	39.9		1 clouds
		7h 45m	37.2	33.6	22.8	25.0	25.5					9h 45m	33.5	41.8	26.0	30.6	28.2			
			33.2	35.6	26.8	33.4	28.5						36.5	31.8	31.5	30.8	19.0			
			30.2	30.2	32.4	29.3	23.8						36.0	33.6	27.2	28.8	20.6			
			28.0	32.8	25.8	33.8	28.4						28.0	27.2	27.2	34.4	24.8			
			37.6	36.0	30.7	23.2	24.8						36.0	30.9	28.6	24.6	24.6			
			41.5	36.5	25.5	32.2	19.8						28.5	30.3	31.5	24.8	21.5			
			36.2	26.4	33.0	32.8	23.3	39.6					34.4	28.6	21.6	28.5	23.0	39.7		
		Mean Средн.	35.16	32.11	27.98	30.53	24.68						Mean Средн.	34.24	32.20	27.65	29.14	22.64		
4	GrMT. March 30.278	Относ. яркость	—	0.174	0.444	0.272	0.698					Относ. яркость	—	0.118	0.419	0.314	0.824			
		30 марта	36.6	31.8	29.2	30.7	17.7	39.45		3	9	4 мая	39.9	46.8	42.4	38.8	25.4	39.5		2-
		8h 12m	34.0	32.6	31.4	26.4	23.1					9h 50m	45.5	36.8	41.4	41.4	27.0			
			29.8	27.0	30.6	31.6	26.0						51.5	40.3	28.5	42.4	31.5			
			37.7	34.9	33.6	33.7	26.6						51.3	49.0	40.3	29.4	31.2			
			37.2	25.8	26.0	32.1	27.8						33.2	34.8	34.6	34.9	29.8			
			30.3	36.5	31.6	25.4	23.2						45.0	44.6	42.4	35.9	27.0			
			40.1	38.8	29.4	34.6	27.1						43.2	45.6	28.6	29.3	28.5			
			32.0	35.6	24.4	30.8	28.1	39.45					47.0	38.0	36.8	35.9	30.6	39.5		
		Mean Средн.	34.71	32.88	29.53	30.88	24.95						Mean Средн.	44.58	41.36	36.88	36.00	28.86		
5	GrMT. April 9.275	Относ. яркость	—	0.103	0.313	0.225	0.651					Относ. яркость	—	0.131	0.340	0.385	0.813			
		9 апрѣля	42.6	52.8	33.5	34.2	26.4	39.85		4.2	10	27 января	33.1	50.1	24.5	49.7	23.5	35.8		4.2
		8h 20m	44.6	40.6	40.4	32.4	23.8					10h 8m	56.1	30.3	47.3	25.7	41.6			
			45.2	38.6	30.2	46.7	32.4						40.6	58.1	22.5	46.7	28.5			
			57.5	36.4	34.6	35.4	23.2						49.9	35.0	38.5	27.7	40.6	35.9		
			40.0	35.8	32.8	37.3	24.4						36.7	48.7	21.5	53.2	48.0			
			47.6	37.9	33.4	34.4	28.3						47.3	31.5	48.7	34.2	23.0			
			39.6	38.0	30.0	34.6	33.5	39.85					27.3	56.7	24.7	47.2	43.8			
		Mean Средн.	44.71	40.44	33.21	35.31	27.33						48.6	27.0	41.0	31.1	25.0	35.7		
		Относ. яркость	—	0.176	0.588	0.426	0.927						Mean Средн.	42.45	42.18	33.59	39.44	34.00		
		Sред. мом. набл.	10	10	10	8	10	6	10	7	10	7	10	10	8	10	7			
		Относ. яркость	—	0.012	0.482	0.182	0.408						Относ. яркость	—	0.012	0.482	0.182	0.408		

# Saturn.

№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точ- кахъ: The readings of the circle:					Ампера- ми 0.01 ам.	Фонь Backgr.	Замѣтка Remarks	№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точ- кахъ: The readings of the circle:					Ампера- ми 0.01 ам.			
		1	2	4	3	5						1	2	4	3	5				
11	1916						35.1	3.3		15	1916						38.1			
	28 января	49.9	29.5	26.8	44.3	24.1					22 февраля	32.0	52.0	30.8	43.3	21.5	38.15	4.4		
	6h 38m	32.2	43.5	39.5	33.3	40.8					8h 36m	49.2	30.8	45.5	37.5	43.0				
		50.4	23.1	19.0	45.6	24.0						38.8	47.5	23.5	48.5	29.5				
		35.4	46.8	40.3	24.5	43.2						51.2	38.0	39.3	30.8	43.0				
	GrMT. Jan. 28.203	54.0	26.5	46.5	33.8	42.4							38.0	33.2	40.8					
		25.5	49.5	30.5	48.5	24.2							26.5	44.1	23.3					
		57.0	36.5	45.5	31.8	45.8							35.0	45.1						
		40.6	49.5	21.5	52.8	33.0							44.5	26.2						
	Mean Средн.	43.13	38.11	33.70	39.31	34.69						Mean Средн.	44.30	42.08	33.93	39.61	34.05			
12	Сред. мом. набл.	h m	h m	h m	h m	h m						Сред. мом. набл.	h m	h m	h m	h m	h m			
		6 37	6 37	6 38	6 38	6 38						8 33	8 33	8 38	8 40	8 41				
	Относ. яркость Relat. intens.	—	0.222	0.453	0.165	0.398						—	0.089	0.487	0.198	0.480				
	28 февраля	35.0	45.3	25.6	49.0	45.6	37.95	4.3		16	7h 39m	47.8	44.5	45.0	35.8	40.5	37.2	4.3		
		53.2	32.5	43.2	28.0	24.5						58.6	54.3	28.0	61.0	31.2				
		33.0	47.5	28.5	49.6	42.5						47.0	44.0	44.8	36.8	47.2				
		50.5	35.0	43.2	40.0	27.5						71.5	63.5	34.0	48.8	30.0				
		38.5	49.5	27.0	39.5	45.5						58.3	37.5	48.5	35.8	45.5				
	GrMT. Febr. 5.261	55.5	27.5	39.0	54.0	30.0						48.3	60.5	37.5	48.8	31.0				
		34.5	47.8	33.5	26.0	42.0						68.0	47.1	47.0	39.0	54.3				
		49.5	35.0	48.4	44.3	25.8						45.0	56.5	37.2	61.5	29.4				
	Mean Средн.	43.71	40.01	36.10	41.30	35.43														
	Сред. мом. набл.	h m	h m	h m	h m	h m						Сред. мом. набл.	h m	h m	h m	h m	h m		Am- pera- un- steady	
13	5 февраля	8 3	8 1	8 0	8 1	8 3						7 37	7 35	7 40	7 41	7 41				
												Относ. яркость Relat. intens.	—	0.129	0.525	0.299	0.604			
	Относ. яркость Relat. intens.	—	0.157	0.346	0.100	0.382														
	4 марта	37.6	29.5	27.2	48.5	23.2	38.00	17		17	7h 49m	46.6	42.5	35.0	39.0	41.0	37.95	3—3		
		35.0	29.6	26.5	41.0	27.5						35.0	50.6	47.3	29.8	38.4				
		50.0	50.6	47.3	29.8	38.4						58.0	51.0	25.0	29.0	36.3				
	GrMT. March 4.252	38.0	32.3	39.0	44.5	26.6						52.0	43.3	27.3	36.6	38.5				
		33.0	38.5	43.2	52.5	25.3														
	Mean Средн.	43.78	39.66	33.81	40.11	32.10														
	Сред. мом. набл.	h m	h m	h m	h m	h m						7 48	7 49	7 49	7 48	7 49				
	Относ. яркость Relat. intens.	—	0.176	0.473	0.156	0.573														
	26 марта	43.1	51.5	27.8	56.8	24.1						58.5	37.3	37.0	34.4	39.6	24.0	2+,3		
		58.5	37.3	43.0	32.5	43.0						43.1	58.5	26.8	48.8	25.5				
14	16 февраля	63.0	48.8	27.5	45.0	36.1	36.0	18		18	7h 54m	63.0	37.8	43.0	32.5	43.0	24.1	2+,3		
		50.0	33.0	51.5	25.8	35.6						55.5	30.8	43.0	33.9	39.8				
		56.4	35.0	49.2	35.0	40.0						37.8	50.8	31.5	48.3	27.0				
	GrMT. Febr. 16.260	49.0	36.1	48.8	27.5	45.0						55.0	39.8	40.5	38.3	40.3				
		37.9	57.2	31.9	43.5	25.6						43.0	52.5	27.0	50.2	27.7				
		53.5	34.2	45.8	35.0	51.5						49.88	44.88	34.58	42.90	33.38				
		32.0	46.8	30.5	58.3	22.0						8 53	8 54	8 54	8 54	8 55				
	Mean Средн.	45.48	43.79	38.90	43.60	35.74						Относ. яркость Relat. intens.	—	0.174	0.648	0.253	0.714			
	Сред. мом. набл.	h m	h m	h m	h m	h m						6 апрѣля	32.5	37.9	14.5	45.5	22.5	23.0	3.3	
	Относ. яркость Relat. intens.	—	0.065	0.276	0.073	0.433							47.6	32.5	34.8	28.5	33.5			
14	22 февраля	58.0	32.1	49.2	38.8	40.4	38.25	4.4		19	9h 27m	28.8	45.5	22.8	35.6	12.8	23.0	3.3		
		41.2	52.8	38.0	60.0	40.0						46.3	22.0	38.3	33.8	35.0				
		61.2	41.6	42.4	32.5	49.8						31.0	43.0	13.5	19.5	30.5				
		39.6	55.0	35.5	53.8	25.0						45.6	21.5	30.6	37.5	20.5				
		47.5	58.6	32.0	55.2	25.0						25.0	39.0	23.5	24.5	35.0				
	GrMT. Febr. 22.246	56.0	37.0	46.2	37.5	43.0						41.0	29.3	36.2	40.3	14.7				
		52.6	69.0	29.4	52.0	33.5						Mean Средн.	37.23	33.84	26.78	33.15	25.56			
		62.2	34.5	54.0	33.3	48.3						Сред. мом. набл.	h m	h m	h m	h m	h m			
	Относ. яркость Relat. intens.	—	0.178	0.414	0.229	0.589						9 28	9 28	9 27	9 26	9 25				
												Относ. яркость Relat. intens.	—	0.180	0.640	0.219	0.784			

## Saturn.

№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точ- кахъ: The readings of the circle:					Ампера- н. 0.01 ам.	Фонъ Backgr.	Замѣткъ Remarks	№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точ- кахъ: The readings of the circle:					Ампера- н. 0.01 ам.	Фонъ Backgr.	Замѣткъ Remarks		
		1	2	4	3	5						1	2	4	3	5					
20	1916										24	1916						38.1			
	7 апрѣля	47.7	54.2	30.0	42.0	27.0	24.1					30 апрѣля	39.5	36.8	29.8	31.5	27.4				
	10h 45m	52.0	42.0	44.6	34.0	36.5						10h 39m	42.4	36.4	30.8	34.8	23.3				
		45.0	44.5	33.0	60.0	27.0							34.5	28.8	29.8	32.5	26.8				
		67.0	38.0	40.0	41.0	44.4							37.5	34.0	24.2	33.5	27.4				
		60.5	47.6	41.0	36.6	43.5							40.6	33.6	23.8	29.8	22.4				
	GrMT. April 7.374	44.5	37.8	32.3	53.5	27.5							33.8	26.0	23.8	35.0	27.5				
		47.5	40.6	49.0	40.0	39.5							26.0	30.1	26.0	36.0	25.8				
		44.5	60.5	32.9	44.6	34.6							36.2	36.0	29.0	28.5	25.4				
	Mean Средн.	51.09	45.65	37.85	43.96	35.00							Mean Средн.	36.31	32.71	27.15	32.70	25.75			
21	Сред. мом. набл.	h m	h m	h m		h m					25	Сред. мом. набл.	h m	h m	h m	h m	h m	38.4			
	10 45	10 46	10 45			10 46							10 37	10 37	10 38	10 41	10 41				
	Относ. яркость	—	0.183	0.516	0.248	0.662							Относ. яркость	—	0.199	0.565	0.199	0.672			
	Relat. intens.																				
	23 апрѣля	29.5	19.5	19.5	20.6	18.0	37.2						1 мая	48.5	42.6	37.5	43.2	25.3			
	9h 33m	27.5	26.5	14.8	25.5	22.3							39.2	42.5	34.8	39.0	30.7				
		29.8	23.5	23.5	20.6	18.6							45.5	38.6	30.8	45.5	31.5				
		23.5	26.8	19.8	26.5	13.5							49.0	41.0	37.6	35.3	36.3				
		21.8	25.5	19.4	19.5	12.5							36.5	35.5	30.0	41.2	29.5				
	GrMT. Apr. 23.324	30.5	25.4	21.6	24.6	22.5							40.5	39.0	33.2	42.6	35.3				
22	27.5	24.6	15.2	27.0	20.5	37.2							42.1	41.5	35.5	34.5	30.3				
	28.5	20.0	23.2	24.2	20.6								43.0	32.5	27.0	37.0	38.1				
		27.8	23.5	23.5	18.5	17.8							43.04	39.15	33.30	39.79	32.13				
		19.0	25.8	14.4	17.5	15.4							9 41	9 42	9 41	9 42	9 43				
		28.1	19.5	21.5	22.2	20.3							0.169	0.473	0.140	0.542					
		26.8	27.5	15.0	23.0	16.4															
	Mean Средн.	26.69	24.01	19.54	22.73	18.20							3 30	33.5	28.2	32.8	25.0	39.0	3.9	2.4	
	Сред. мом. набл.	h m	h m			h m							9 42	9 41	9 42	9 41	9 43				
	Относ. яркость	—	0.215	0.641	0.328	0.790							37.3	39.9	27.8	33.0	26.8				
	Relativ. intens.												42.1	36.5	29.8	32.2	29.4				
23	24 апрѣля	31.5	23.7	23.3	23.5	21.5	37.0				27	3 мая	43.0	33.5	28.2	32.8	25.0	39.0	3.9	2.4	
	9h 38m	25.5	28.4	21.3	27.3	19.6						9h 9m	46.8	39.8	26.1	38.0	26.4				
		32.7	23.5	23.4	25.3	26.5							37.3	39.9	27.8	33.0	26.8				
		28.0	27.2	19.5	28.3	18.2							42.1	36.5	29.8	32.2	29.4				
		28.5	29.0	21.6	29.2	19.3							34.5	36.3	29.9	32.1	25.2				
		31.5	24.8	27.8	25.5	24.5							34.4	36.2	32.8	34.1	28.3				
	GrMT. April 24.327	26.5	30.3	19.5	27.4	20.4							40.5	37.2	30.8	37.5	27.8				
		30.1	30.0	23.5	24.6	23.5							39.5	36.8	30.0	37.1	25.8				
		30.0	22.0	20.0	25.0	22.0												39.0	3.2		
		26.2	29.2	18.5	25.0	18.6															
24		28.0	24.0	24.2	21.4	21.4	37.0				28	8 мая	32.9	27.8	19.6	28.5	21.8	24.5	2.5	2.3	
		24.5	25.5	22.5	26.0	17.0						9h 16m	28.9	31.4	22.8	27.5	22.5				
	Mean Средн.	28.58	26.47	22.09	25.71	21.04							32.5	26.8	26.0	26.5	22.5				
	Сред. мом. набл.	h m	h m	h m	h m	h m							30.0	26.1	20.0	30.0	23.4				
	Относ. яркость	—	0.154	0.529	0.218	0.623							27.0	25.6	22.1	29.1	19.1				
	Relat. intens.												28.0	31.6	20.0	26.5	21.8				
	Pulkovo.												30.0	25.6	19.5	28.5	23.0				
	29 апрѣля	54.9	41.8	40.8	45.5	37.5	38.65						28.8	26.0	22.5	29.2	21.8	24.3			
	10h 9m	59.3	49.8	32.3	46.6	36.0							29.7	9 18	9 17	9 14	9 17				
		52.5	44.8	39.8	43.4	36.8							0.151	0.668	0.107	0.622					
25	GrMT. April 29.339	47.0	45.2	37.0	46.2	36.3					28	9 мая	32.4	26.5	18.0	23.0	18.6	37.3	7.0	3.3	
		51.9	45.6	37.6	44.6	30.0						9h 49m	30.5	24.6	21.1	20.8	17.6				
		51.6	42.6	39.5	41.2	35.3							29.0	24.5	22.8	21.4	18.0				
		54.9	45.2	34.2	46.2	32.5							28.5	24.1	19.9	24.0	21.9				
		46.6	45.6	42.0	48.3	40.6	38.3						21.0	20.5	17.6	23.0	16.6				
	Mean Средн.	52.34	45.08	37.90	45.25	35.63							23.2	23.6	18.5	20.5	18.4				
	Сред. мом. набл.	h m	h m	h m	h m	h m							21.5	24.0	18.0	24.0	18.8				
	Относ. яркость	—	0.242	0.550	0.236	0.666							26.4	21.3	20.5	22.0	19.4				
	Relat. intens.												Mean Средн.	26.56	28.64	19.55	22.34	18.66			
		h m	h m	h m	h m	h m							Сред. мом. набл.	9 49	9 49	9 49	9 50	9 49			
		10 7	10 7	10 11	10 9	10 10							0.265	0.725	0.898	0.844					

# Юпитеръ.

№№ наблюдений отъ 1 до 19 вкл. сдѣланы на рефракторѣ Цейсса съ фокуснымъ разстояніемъ 3600 милл. при полномъ отверстіи объектива въ 200 милл.;

№№ отъ 20 до 35 — на рефракторѣ Фрауэнгофера съ фок. разстояніемъ въ 4331 милл. и при діафрагмѣ въ 125 милл. діаметромъ.

Первые 18 наблюдений сдѣланы при помощи клина при фотометрѣ и редуцированы при помощи его постоянныхъ, данныхъ въ главѣ I (стр. 6); часть этихъ наблюдений произведена черезъ цвѣтные фильтры, насчетъ чего данныя приведены въ столбцѣ 9-омъ.

Точка 1, относительно которой вычислялись яркости въ звѣздныхъ величинахъ (графа „относит. яркости“) находилась въ центрѣ диска планеты, точки 2, 3, 4, 5 на большой оси диска въ разстояніяхъ  $\frac{1}{2}$  полудіаметра (точки 2, 3) и  $\frac{3}{4}$  полудіаметра (точки 4, 5), считая отъ центра; четные точки — къ положительному краю, нечетныя къ отрицательному краю планеты.

Точки 6 и 7 взяты на  $\frac{1}{2}$  малой полуоси видимаго диска по направлению къ южному и съверному полюсу планеты.

Въ столбцѣ замѣтки первое число характеризуетъ качество изображеній, второе — качество самого наблюденія, при чёмъ 5 — отлично, 1 — очень плохо.

# Jupiter.

The observations №№ 1—19 incl. are made with the Zeiss Refractor (foc. dist. 3600 mm.) at full aperture of the objective of 200 mm.;

the observations №№ 20—35 — with the refractor of Frauenhofer (foc. dist. 4331 mm.) and a diaphragm of 125 mm.

The first 18 observations are made with a wedge and reduced with its constants given in Chapter I (p. 6); a part of them are measures through colour filters, which are put down in column 9.

The point 1, with regard to which the relative intensities in stellar magnitudes are computed (Relat. intens.) is in the centre of the disc, the points 2, 3, 4, 5 on the great axis of it at distances of  $\frac{1}{2}$  semidiameter (points 2 and 3) and  $\frac{3}{4}$  semidiameter (points 4, 5) reckoned from the centre; the odd numbers refer to the positive direction.

The points 6 and 7 are on  $\frac{1}{2}$  of the small semidiameter of the disc in the direction to the south and north pole of the planet.

In the column Remarks the first number is an estimation of the correctness of the images, the second — of the observation itself. A single number refers to the correctness of the observation. 5 means excellent, 1 — very bad.

## Jupiter.

# Jupiter.

№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты клина въ точ- кахъ: The readings of the wedge:						Амперт. in 001 ам.	Фильтръ Filter	Замѣтки Remarks	№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты клина въ точ- кахъ: The readings of the wedge:						Амперт. in 001 ам.	Фильтръ Filter	Замѣтки Remarks	
		1	3	2	6	7	1						3	2	6	7						
5	1914 16 июля 13h 20m	79.1 79.8 79.5 80.2 78.8 79.4 78.8 78.9	76.8 77.8 75.8 76.0 76.9 75.6 76.6 77.6	76.8 77.4 77.4 76.2 76.8 77.6 76.5 77.6				40.0	Blue	3—		1914 13h 35m	76.1 74.8 74.6 73.8 74.4 75.9 78.1 76.1		68.6 70.2 70.2 71.2 70.9 70.0 71.7 71.0	70.7 70.9 71.8 70.0 73.5 72.8 72.5 72.8	38.75		3+			
	Corr. -0.74	79.31 -1.03	76.64 -0.98	77.04				40.0					Corr. -1.14			70.48 -1.61	71.88 -1.49					
		78.57	75.61	76.06										74.34			68.87	70.39				
		79.8 79.6 80.0 80.2 90.8 80.0 79.8 78.8		78.8 78.5 78.2 78.3 78.8 78.2 77.8 77.2	76.2 76.5 76.0 76.8 75.0 76.0 76.5 76.2								Относ. яркость Relativ intens.)	—	0.26 0.33 0.42 0.30	0.30	GMT. VII. 18.485					
	13h 40m	80.2 80.8 80.0 80.0 79.8 78.8		78.3 78.8 78.2 78.8 77.8 77.2	76.8 75.0 76.0 76.8 76.5 76.2			40.0					8	19 июля 12h 50m	79.3 80.7 79.7 80.3 78.5 78.5 79.3 79.8	78.5 75.8 76.7 76.7 78.0 78.0 75.1 75.1	77.5 78.1 78.4 78.2 78.6 78.5 78.0 78.0	39.55	Red	3—		
	Corr. -0.66	79.88 -0.66			78.23 -0.86	76.15 -1.07																
		79.22			77.37	75.08																
	Относ. яркость Relativ intens.)	—	0.22	0.19	0.14	0.31	GMT. VII. 16.488															
6	16 июля 14h 0m	73.5 76.3 75.1 75.9 73.0 74.6 76.0 75.1	72.5 71.6 72.6 73.2 74.8 74.8 72.6 73.7	70.4 72.6 72.6 72.6 71.2 72.0 73.0 73.0				40.0	Yell.	2—												3
		74.94 -1.19	73.23 -1.35	72.18 -1.46																		
		73.75	71.88	70.72																		
		76.6 74.0 74.5 73.0 74.2 75.2 76.0 76.4		70.5 71.4 72.4 72.8 71.8 74.0 71.8 71.5	71.4 71.0 71.2 70.2 71.5 71.8 73.5 73.5			40.0														
	14h 25m	74.99 -1.19			72.03 -1.48	71.76 -1.50																
		73.80			70.55	70.26																
	Относ. яркость Relativ intens.)	—	0.14	0.23	0.25	0.27	GMT. VII. 16.517															
7	18 июля 13h 15m	77.0 75.4 75.6 76.7 75.1 75.0 75.0 77.5	73.0 72.4 74.7 72.0 72.5 70.9 73.9 73.2	74.2 71.2 72.2 71.8 70.5 70.5 73.5 71.5				39.20	Yell.	3	9	19 июля 14h 0m	72.0 72.4 71.0 71.4 71.3 71.6 70.2 71.8	69.2 70.2 69.0 70.0 69.8 71.2 69.7 69.2	69.0 69.0 69.8 69.4 69.8 70.2 69.8 69.2	39.65	Blue	2				
		75.91 -1.10	72.83 -1.40	71.93 -1.49																		
		74.81	71.43	70.44																		
	Corr. -1.10	71.46 -1.52	69.79 -1.66	69.53 -1.68																		
		69.94	68.13	67.85																		

# Jupiter.

№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты клина въ точ- кахъ: The readings of the wedge:							Амперн. in 0.01 ам.	Фильтръ Filter	Замѣтки Remarks	№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты клина въ точ- кахъ: The readings of the wedge:							Амперн. in 0.01 ам.	Фильтръ Filter	Замѣтки Remarks	
		1	3	2	6	7		1						3	2	6	7							
10	1914 14h 25m	70.9			69.7	68.7		39.7	3	12	1916 21 июля 12h 55m	80.2	77.4	78.0							38.2			
		70.3			68.8	68.7						80.2	77.0	78.8										
		71.5			69.9	69.7						80.4	76.3	77.7										
		71.0			70.3	69.4						80.2	77.2	78.4										
		70.4			69.8	67.5						80.2	76.4	78.4										
		69.4			68.8	68.2						81.2	76.7	79.4										
		71.1			70.4	68.5						80.4	76.8	79.7										
		72.1			69.4	69.6						81.0	77.2	79.7										
		70.84			69.64	68.79			Corr.	-0.60	-0.99	-0.80	80.48	76.88	78.76									
		-1.59			-1.66	-1.72							79.88	75.89	77.96									
11	20 июля 13h 30m	69.25			67.98	67.07		38.5	GMT. VII. 19.517	Green	3	13h 10m	78.0			78.8	76.8					38.2		
		—	0.14	0.16	0.10	0.17							79.8			77.6	78.4							
		72.5	68.8	68.4									81.0			79.0	77.9							
		70.1	68.1	69.0									80.3			76.8	76.8							
		72.4	70.6	68.4									79.8			76.0	78.2							
		71.8	67.5	69.2									80.2			75.5	78.0							
		70.0	70.1	70.4									79.8			77.0	75.5							
		70.8	70.3	68.4									80.3			78.5	77.1							
		69.8	69.0	69.4									79.90			77.40	77.34							
		71.2	68.0	69.0									-0.67			-0.94	-0.95							
12	13h 50m	71.08	69.05	69.03				38.5	GMT. VII. 21.472	3	23 июля	79.23			76.46	76.39						38.2		
		-1.56	-1.71	-1.71								72.4	69.6	69.0										
		69.52	67.34	67.32								72.8	69.8	70.0										
		70.0			68.0	67.5						72.8	71.0	71.0										
		70.0			69.4	67.2						73.2	70.0	70.5										
		69.8			69.0	67.0						70.2	70.0	69.6										
		69.9			69.2	68.0						70.8	70.4	69.9										
		71.2			69.2	67.8						72.2	70.8	70.4										
		70.2			68.2	67.2						72.4	69.6	70.5										
		70.1			68.6	67.6						71.06			68.65	67.50								
13	14h 5m	71.8			68.4	68.6		38.5	2—	13h 50m	23 июля	72.1			68.8	67.5						38.2		
		70.38			68.75	67.61						71.6			68.9	68.5								
		-1.62			-1.73	-1.80						71.8			68.1	67.4								
		68.76			67.02	65.81						72.4			68.7	68.3								
		—	0.17	0.17	0.13	0.22						71.0			68.3	67.0								
		80.1	78.8	78.5								69.4			69.1	67.1								
		81.3	78.4	77.2								70.2			68.3	67.0								
		79.1	78.8	78.1								70.8			69.1	67.1								
		80.8	78.6	79.3								70.2			68.3	67.0								
		79.9	77.0	78.0								70.0			69.0	67.2								
14	12h 36m	80.0	78.9	78.4				38.25	GMT. VII. 23.507	2—	14h 5m	71.06			68.65	67.50						38.2		
		80.0	77.8	77.8								-1.56			-1.73	-1.81								
		80.26	78.29	78.19								66.92			68.92	65.69								
		-0.63	-0.84	-0.86								—	0.16	0.16	0.20	0.29								
		79.63	77.45	77.33								23 июля	79.4	76.4	76.6									
		80.2			79.2	80.9						80.4	77.4	76.8										
		80.4			79.6	80.8						81.4	76.0	75.2										
		80.4			79.8	81.5						79.8	74.4	74.0										
		80.0			80.3	80.9						75.4	74.0	74.8										
		80.6			79.2	78.0						77.0	73.7	76.0										
15	12h 53m	82.0			79.8	77.2		38.2	GMT. VII. 21.471	2—	14h 25m	77.5	73.0	74.9								38.2		
		80.2			78.6	77.0						77.2	72.9	76.6										
		80.5			79.6	77.8						78.51	74.73	75.61										
		80.54			79.51	79.26																		

# Jupiter.

№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты клина въ точ- кахъ: The readings of the wedge:					Амперн. in 0.01 ам.	Фильтръ Filter	Замѣтки Remarks	№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты клина въ точ- кахъ: The readings of the wedge:					Амперн. in 0.01 ам.	Фильтръ Filter	Замѣтки Remarks				
		1	3	2	6	7						1	3	2	6	7							
15	1914 14h 45m	75.5		71.0	70.0		38.2	2—	17	1916 4 сент. 9h 15m	58.2	57.0	58.3				38.15	Blue	1+				
		76.5		73.0	69.0						58.2	56.0	57.0										
		77.3		70.2	69.4						58.9	57.4	56.0										
		76.8		73.7	70.8						59.1	58.1	57.4										
		73.0		70.7	71.4						59.8	55.2	57.3										
		73.0		73.0	71.8						60.0	57.2	59.3										
		76.0		70.0	71.8						60.2	58.2	57.7										
		75.8		71.0	69.3						60.4	56.2	57.6										
		Corr. 75.49		71.58	70.44						59.35	56.91	57.58										
		-1.14		-1.51	-1.62						Corr. -2.12	-2.17	-2.15										
16	Относ. яркость Relat. intens. } 2 сент. 53.90 49.14 51.18 9h 35m 53.35 49.9 51.18 Corr. -2.26 -2.41 -2.35 51.64 46.73 48.83	74.35		70.07	68.82		GMT. VII. 23.533	38.50	Yellow	1	57.23	54.74	55.43				38.10	38.10	38.10				
		54.6	48.3	52.6							59.8		57.5	57.0									
		56.0	48.3	52.4							59.9		58.2	57.8									
		54.8	48.3	53.1							59.8		58.8	56.1									
		55.1	49.2	52.1							58.9		58.1	57.4									
		53.2	49.9	51.5							60.2		57.8	57.2									
		51.8	49.1	49.4							59.8		56.8	57.6									
		52.2	49.9	49.1							59.9		57.0	57.8									
		53.5	50.1	49.2							60.1		58.1	56.9									
		Corr. 53.90	49.14	51.18							59.80		57.79	57.23									
17	Относ. яркость Relat. intens. } 11h 5m 53.00 49.65 50.04 Corr. -2.30 -2.40 -2.39 51.64 46.73 48.83	54.4		49.7	50.1		38.4	38.4	38.4	38.4	57.70		55.64	55.07				38.1	Red	1—			
		52.8		50.1	49.1						0.19	0.14	0.16	0.20	GMT. IX. 4.321	GMT. IX. 4.321	GMT. IX. 4.321						
		52.4		49.6	48.9						58.2	53.3	54.9										
		53.4		47.7	50.1						58.7	53.0	54.8										
		53.6		49.8	50.1						58.0	51.8	54.6										
		52.2		50.1	51.8						58.5	52.7	53.3										
		53.0		51.0	50.0						55.8	51.8	53.5										
		52.2		49.2	50.2						55.0	53.3	53.6										
		Corr. 53.00		49.65	50.04						53.8	52.8	53.0										
		-2.30		-2.40	-2.39						53.9	54.1	53.8										
18	Относ. яркость Relat. intens. } 4 сент. 50.70 47.25 47.65 10h 10m 56.49 52.85 53.94 Corr. -2.18 -2.30 -2.26 54.31 50.55 51.68	50.70		47.25	47.65		GMT. IX. 2.356	38.4	Green	1	58.2	53.3	54.9		38.1	38.1	38.1						
		54.2		51.6	50.8						58.7	53.0	54.8										
		54.2		51.6	51.6						58.0	51.8	54.6										
		54.2		51.6	52.8						58.5	52.7	53.3										
		54.8	49.8	53.2							55.8	51.8	53.5										
		56.2	50.8	51.6							55.0	53.3	53.6										
		54.8	51.8	51.2							53.8	52.8	53.0										
		54.3	51.6	53.0							53.9	54.1	53.8										
		Corr. 54.60	51.01	52.00							54.3		52.2	51.6		38.1	38.1	38.1					
		-2.25	-2.36	-2.33							54.7		51.6	51.1									
19	Относ. яркость Relat. intens. } 10h 30m 52.35 48.65 49.67 Corr. -2.24 -2.34 -2.39 52.42 49.17 47.71	52.35	48.65	49.67			GMT. IX. 2.363	38.4	38.4	38.4	57.0		51.8	52.2									
		55.4		50.9	49.3						55.8		54.8	52.5									
		54.1		52.2	49.6						55.2		50.6	49.0									
		54.7		50.9	51.8						55.1		50.8	51.8									
		56.0		51.0	50.3						55.8		51.0	50.6									
		55.7		52.0	51.1						53.0		51.8	52.2									
		53.7		53.0	50.0						Corr. 54.66	51.51	50.10		GMT. IX. 4.356	GMT. IX. 4.356	GMT. IX. 4.356						
		54.2		51.6	49.6						-2.24	-2.34	-2.39										
		Corr. 52.42		49.17	47.71						52.88		49.49	48.98									
		Относ. яркость Relat. intens. }	—	0.28	0.20	0.25	0.86				—	0.29	0.20	0.26	0.80								

# Jupiter.

№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точ- кахъ: The readings of the circle:					Амперн. in 0.01 ам.	Фонъ Backgr.	Замѣтки Remarks	№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точ- кахъ: The readings of the circle:					Амперн. in 0.01 ам.	Фонъ Backgr.	Замѣтки Remarks
		1	2	4	3	5						1	2	4	3	5			
19	1914 29 ноября 6h 0m GrMT. Nov. 29.176	57.5	50.3	47.8	58.3	41.5	37.9	1--	24	1915 10 декабря 7h 42m GrMT. Dec. 10.247	55.5	64.0	47.0	35.5	45.4	37.2	1	37.1	
		59.5	60.8	51.5	56.5	41.5	37.9				51.0	49.3	29.2	62.5	32.0				
		63.0	48.8	41.5	54.5	51.0	37.9				49.6	57.8	48.3	40.5	52.5				
		60.5	62.3	44.5	44.0	31.5	37.9				72.0	64.3	35.0	49.6	26.8				
		65.0	62.4	36.6	45.8	35.8	37.9				64.3	33.5	42.5	51.3	30.5				
		78.6	54.4	39.3	52.4	41.4	37.9				52.0	61.4	46.7	42.0	43.0				
		65.5	61.3	30.5	45.4	36.8	37.9				66.5	44.0	31.5	65.0	28.0				
		75.5	67.0	45.5	55.5	41.1	37.9				50.0	60.0	58.6	42.3	44.5				
		Mean Средн.	65.64	58.41	42.15	51.55	40.08				Mean Средн.	57.61	54.29	42.35	48.59	37.84			
		Относ. яркость Relat. intens. } —	0.146	0.664	0.329	0.754					Сред. мом. набл.	h m 7 44	h m 7 42	h m 7 40	h m 7 45	h m 7 44			
20	1915 3 ноября 10h 35m GrMT. Nov. 3.367	36.8	16.4	32.1	18.9	14.4	38.3	1	25	19 декабря 7h 47m GrMT. Dec. 19.250	74.8	47.0	43.5	46.5	22.5	39.3	3	39.3	
		25.2	34.6	12.5	34.4	27.5	38.3				61.5	58.5	54.5	63.0	51.0				
		37.4	22.4	31.2	14.6	13.0	38.3				47.0	41.5	39.5	53.5	27.5				
		20.1	37.5	17.4	35.8	30.4	38.3				72.5	79.0	60.0	36.6	43.0				
		19.2	37.8	17.6	20.8	15.6	38.3				74.0	60.4	54.5	39.3	41.0				
		40.1	29.8	34.4	35.4	27.6	38.3				60.8	43.5	50.5	60.0	26.0				
		27.6	41.6	15.6	18.2	13.2	38.3				46.8	71.8	38.2	38.3	57.0				
		35.8	23.4	37.7	37.9	30.4	38.3				66.0	55.5	61.0	59.5	28.6				
		Mean Средн.	30.28	30.44	24.81	27.00	21.51				Mean Средн.	62.92	57.15	50.21	49.59	37.08			
		Относ. яркость Relat. intens. } —	0.010	0.400	0.228	0.692					Сред. мом. набл.	h m 7 47			h m 7 46				
21	12 ноября 10h 31m GrMT. Nov. 12.363	36.5	14.5	14.8	36.5	12.0	38.15	3.4	26	19 декабря 8h 28m GrMT. Dec. 19.278	70.8	37.0	27.2	36.0	29.0	39.3	3	39.3	
		20.5	33.5	31.8	19.3	32.0	38.15				54.0	52.5	59.5	51.5	45.0				
		40.5	16.8	14.6	35.2	14.5	38.2				61.8	60.0	42.5	63.5	32.5				
		23.5	36.5	36.5	20.3	30.7	38.2				42.5	42.0	44.5	54.5	49.5				
		19.2	38.5	15.4	34.8	26.8	38.2				56.5	48.5	58.0	50.5	26.5				
		39.0	19.1	32.4	16.8	12.5	38.2				58.5	55.5	44.0	34.0	42.5				
		20.8	36.8	16.2	35.0	30.5	38.2				41.0	56.5	46.5	65.5	34.0				
		37.4	17.5	33.5	17.3	15.0	38.2				71.5	52.8	37.0	46.5	45.5				
		Mean Средн.	29.68	27.03	24.40	26.90	21.75				Mean Средн.	57.08	50.60	44.90	50.25	38.06			
		Сред. мом. набл.	h m 10 30	h m 10 30	h m 10 30	h m 10 31	h m 10 32				Сред. мом. набл.	h m 8 28			h m 8 28				
22	15 ноября 10h 25m GrMT. Nov. 15.360	45.0	57.4	31.5	48.4	28.5	38.35	2	27	24 декабря 7h 15m GrMT. Dec. 24.247	32.0	55.0	21.1	30.1	23.7	37.1	2.4	37.1	
		61.0	43.4	51.8	30.5	43.5	38.35				48.5	35.5	44.2	47.5	38.0				
		38.5	51.0	36.5	50.5	21.5	38.35				32.0	46.0	36.0	50.0	22.0				
		59.5	38.4	44.5	38.4	44.5	38.35				54.0	34.0	39.0	32.5	41.5				
		40.5	54.5	25.5	28.6	28.5	38.35				48.5	36.8	43.1	35.6	35.8				
		51.8	35.5	45.0	51.0	42.6	38.35				33.5	59.0	27.3	43.5	23.5				
		36.5	51.2	31.5	31.5	23.8	38.35				57.2	36.3	43.8	28.5	36.8				
		56.0	36.0	44.0	50.0	40.6	38.35				39.0	47.0	26.5	52.0	20.8				
		Mean Средн.	48.60	45.93	38.54	41.08	34.19				Mean Средн.	43.08	43.70	35.13	39.96	30.26			
		Сред. мом. набл.	h m 10 26	h m 10 25	h m 10 25	h m 10 26	h m 10 25				Сред. мом. набл.	h m 7 15	h m 7 15	h m 7 17	h m 7 15	h m 7 15			
23	10 декабря 6h 56m GrMT. Decem. 10.214	49.4	61.0	37.7	58.8	25.5	37.7	1	27	24 декабря 7h 15m GrMT. Dec. 24.247	37.95	1	24	37.7	37.1		2.4	37.1	
		63.2	42.8	47.5	38.2	51.5	37.7				48.5	35.5	44.2	47.5	38.0				
		49.4	60.5	31.5	55.0	45.5	37.7				32.0	46.0	36.0	50.0	22.0				
		62.0	42.5	55.0	40.6	30.0	37.7				54.0	34.0	39.0	32.5	41.5				
		54.8	47.5	47.5	50.0	26.6	37.7				48.5	36.8	43.1	35.6	35.8				
		66.0	65.0	35.5	42.0	43.0	37.7				33.5	59.0	27.3	43.5	23.5				
		44.6	49.5	44.2	60.0	29.0	37.7				57.2	36.3	43.8	28.5	36.8				
		72.0	57.8	36.2	42.8	46.0	37.7				39.0	47.0	26.5	52.0	20.8				
		Mean Средн.	57.68	53.32	41.89	48.43	37.14				Mean Средн.	43.08	43.70	35.13	39.96	30.26			
		Сред. мом. набл.	h m 6 58	h m 6 58	h m 6 57	h m 6 56	h m 6 55				Сред. мом. набл.	h m 7 15	h m 7 15	h m 7 17	h m 7 15	h m 7 15			
24	Относ. яркость Relat. intens. } —	—	0.114	0.512	0.265	0.780		2	28	24 декабря 8h 28m GrMT. Dec. 24.278	—	—	0.180	0.376	0.191	0.671	2.4	37.1	
		—	—	—	—	—					—	—	—	—	—	—			
		—	—	—	—	—					—	—							

## Jupiter.

# Марсъ.

Наблюденія до № 14 вкл. сдѣланы на рефракторѣ Фрауэнгофера съ фокуснымъ разстояніемъ 4331 милл. и съ діафрагмой въ 125 милл. діаметромъ;

№№ 14 до 22 — на 15-тидюймовомъ рефракторѣ Пулковской Обсерваторіи съ фокусн. разстояніемъ въ 6874 милл. и при діафрагмѣ въ 300 милл. діаметромъ.

Въ наблюденіяхъ оть 1-го до 7-го вкл., близкихъ къ оппозиції, точки 1, 2, 3 взяты на большой оси эллиптическаго диска планеты, какъ въ случаѣ Юпитера и Сатурна.

Точка 1 бралась въ центрѣ большой оси, точки 2 и 3 на  $\frac{1}{2}$  разстоянія оть центра до положительного и отрицательного края.

Въ наблюденіяхъ оть № 8 точки 1, 2, 3 взяты на большомъ кругѣ, проходящемъ черезъ землю и солнце, въ серединѣ между краями и на  $\frac{1}{4}$  разстоянія оть положительного и отрицательного края планеты.

Относительныя яркости въ звѣздныхъ величинахъ вычислены относительно точки 1.

# Mars.

The observations №№ 1—14 incl. are made with the Frauenhofer refractor (foc. dist. 4331 mm.) and using a diaphragm of 125 mm. in diameter;

№№ 15—22 — with the 15 inch refractor of Pulkovo (foc. dist. 6874 mm.) and a diaphragm of 300 mm. in diameter.

In the observations №№ 1—7 incl., which are near to the opposition, the points 1, 2, 3 are lying on the great axis of the elliptical disk of the planet, as in the case of Jupiter and Saturn. Point 1 is in the centre of the great axis, the points 2 and 3 at half the distances from it to the positive and negative edges.

In the observations №№ 8—22 the points 1, 2, 3 are lying on the great circle passing through Earth and Sun in the middle between the edges (point 1) and on  $\frac{1}{4}$  of this distance from the positive and the negative edge (points 2 and 3).

The relative intensities in stellar magnitudes (Relat. intens.) are computed with regard to the point 1.

## Mars.

№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Ампера. in 0.01 ам.	Фонь Backgr.	Замѣтки Remarks	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Ампера. in 0.01 ам.	Фонь Backgr.	Замѣтки Remarks	
		1	2	3					1	2	3				
1	1916 26 января	23.1 <sup>0</sup> 43.2 26.7 10h 14m 45.3 40.0 23.8 38.5 27.5	38.6 <sup>0</sup> 22.8 33.5 27.5 17.8 32.6 18.8 36.5	24.6 <sup>0</sup> 37.8 18.6 37.6 32.5 22.5 34.2 17.0	34.8 35.1 35.0	4	3	1916 28 января	26.8 <sup>0</sup> 48.5 36.8 10h 17m 46.5 46.5 27.5 49.6 38.5	43.5 <sup>0</sup> 23.6 45.6 32.5 32.5 28.5 45.5 31.8 45.8	34.5 <sup>0</sup> 50.5 27.5 51.7 51.5 33.5 50.0 29.5	38.1 38.1	*	5.4	
	Mean Средн.	33.51	28.51	28.10				Mean Средн.	40.09	37.10	41.09				
	Сред. мом. набл.	h m 10 14	h m 10 14	h m 10 14				Сред. мом. набл.	h m 10 15	h m 10 18	h m 10 17				
	Относ. яркость} Relat. intens. }	—	0.316	0.345				Относ. яркость} Relat. intens. }	—	m	m	—0.044			
		39.7 47.5 26.4 10h 57m 39.5 40.4 46.5 24.0 41.0	35.0 25.6 42.3 41.4 23.5 42.1 19.3 39.8 26.0	25.2 37.6 25.4 43.4 45.4 24.2 42.4 27.5	34.6 35.1 35.0				28.0 55.2 37.6 10h 51m 49.0 45.5 27.8 52.5 37.5	43.5 33.5 53.0 30.5 25.5 47.5 40.9 32.5 42.0	30.5 47.5 32.5 43.5 52.7 40.9 48.7 30.2	38.1 38.1			
	Mean Средн.	38.12	31.59	34.48				Mean Средн.	41.64	38.50	40.81				
	Сред. мом. набл.	h m 10 57	h m 10 57	h m 10 56				Сред. мом. набл.	h m 10 51		h m 10 52				
	Относ. яркость} Relat. intens. }	—	m 0.356	m 0.188				Относ. яркость} Relat. intens. }	—	m	m	0.037			
	GrMT. Jan. 26.338	—	0.336	0.266				GrMT. Jan. 28.367	—	0.142	—0.003				
2	27 января	23.3 43.6 34.6 10h 31m 51.4 32.4 54.4 29.0 47.8	24.5 40.5 30.5 45.0 49.5 25.5 25.5 44.5 23.5	46.5 27.0 48.5 32.5 31.0 42.5 32.5 32.5 46.5	34.95	4.4		5 февраля	38.5 50.8 30.5 11h 6m 47.0 46.3 37.0 47.3 25.0 33.5 43.5 35.5 48.5	42.5 27.5 48.5 33.5 27.3 46.5 33.5 45.0 26.0 42.0 42.5 29.0 41.0 25.0	23.5 43.5 33.5 46.5 49.5 23.0 43.5 43.5 41.0 43.5 30.5 45.0 21.0 41.8	38.1 38.1		3.2	
	Mean Средн.	39.56	35.44	38.38				Mean Средн.	40.28	35.82	35.97				
	Сред. мом. набл.	h m 10 31	h m 10 31	h m 10 31				Сред. мом. набл.	h m 11 5	h m 11 6	h m 11 8				
	Относ. яркость} Relat. intens. }	—	m 0.204	m 0.056				Относ. яркость} Relat. intens. }	—	m	m	0.208			
		51.3 35.0 57.3 11h 40m 26.7 30.8 57.0 38.4 56.1	22.0 42.5 27.8 46.8 48.8 58.0 33.0 49.0 24.0	51.8 27.8 46.8 29.7 34.2 44.5 31.5 31.5 55.0	34.95 35.05			GrMT. Feb. 5.347	—	0.216	0.208				
	Mean Средн.	44.08	38.14	40.16				16 февраля	39.5 70.5 42.5 10h 52m 60.5 62.5 43.0 67.5 51.0	47.5 39.5 59.5 60.5 46.5 35.0 55.5 37.6 57.0	43.5 61.0 37.0 54.5 55.8 43.5 59.8 59.8 40.5	38.0 37.8		4.2	
	Сред. мом. набл.	h m 11 39	h m 11 41	h m 11 41				Mean Средн.	54.63	47.24	49.45				
	Относ. яркость} Relat. intens. }	—	m 0.258	m 0.164				Сред. мом. набл.	h m 10 52	h m 10 53					
	GrMT. Jan. 27.339	—	0.231	0.110				Относ. яркость} Relat. intens. }	—	m	m	0.154			

## Mars.

№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Амперн. in 0.01 ам.	Фонъ Backgr.	Замѣтки Remarks	№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Амперн. in 0.01 ам.	Фонъ Backgr.	Замѣтки Remarks						
		1	2	3						1	2	3									
6	1916 10h 45m	55.4	47.0	53.0	37.9	$\frac{1}{2}$ weight	3.2	8	1916 23 марта 11h 20m	35.5	53.1	44.2	21.9	1.2							
		68.5	63.5	64.0						57.7	36.5	53.2									
		43.0	36.5	45.5						34.5	53.5	35.0									
		56.5	52.5	60.8						55.5	42.0	53.0									
		67.0	36.5	50.5						46.5	45.5	46.2									
		47.0	55.5	51.8						61.5	60.5	39.2									
		57.5	40.5	61.8						47.8	46.5	50.5									
		49.0	52.5	37.5						68.0	59.5	37.0									
		Mean Средн.	55.49	48.06	53.11					Mean Средн.	50.88	49.64	44.78								
		Сред. мом. набл.	h m 11 43	h m 11 46	h m 11 46					Сред. мом. набл.	h m 11 20	h m 11 21									
7	22 февраля 11h 2m	Относ. яркость } Relat. intens. }	—	0.223	0.065	4.4	37.6	11h 43m	1916 23 марта 11h 43m	0.039	0.210	22.1	$\frac{1}{2}$ weight	1.2							
		GrMT. Feb. 16.398	—	0.225	0.124					41.5	57.4	33.5									
		56.2	53.4	39.5	54.0					47.5	50.5										
		68.6	44.5	60.5	45.5					57.8	36.5										
		52.5	68.0	48.1	55.2					35.8	49.5										
		73.8	40.5	57.6	53.4					41.8	51.9										
		61.2	48.1	64.0	43.4					54.5	35.0										
		52.1	67.8	48.0	53.6					33.8	51.8										
		69.5	35.0	56.8	42.0					55.0	39.0										
		48.2	58.4	46.6	37.6					50.0	32.0										
8	Mean Средн. Сред. мом. набл. Относ. яркость } Relat. intens. }	60.26	51.96	52.64	37.5	4.4	52.0	30 марта	1916 23 марта 12h 50m	59.6	34.2	47.0	22.1	3.4							
		h m 11 2	h m 11 3	0.213						43.5	51.0	30.0									
		40.5	65.0	39.5						52.0	44.0	49.0									
		60.8	45.8	62.5						48.44	46.90	42.14									
		49.5	56.6	42.5						Сред. мом. набл.	h m 11 42	h m 11 43	h m 11 43								
		72.5	46.8	60.5						Относ. яркость } Relat. intens. }	—	0.053	0.236								
		70.8	42.8	63.2						GrMT. March 23.415	—	0.048	0.228								
		49.5	65.3	54.6						30 марта	39.1	51.0	36.7								
		69.5	56.8	62.8						55.2	40.3	54.1									
		57.8	68.8	37.6						41.4	53.4	32.8									
9	Mean Средн. Сред. мом. набл. Относ. яркость } Relat. intens. }	58.86	55.99	52.90	37.4	$\frac{1}{2}$ weight	3.2	12h 50m	1916 23 марта 13h 6m	56.3	39.5	45.0	38.05	3.4							
		h m 11 25	h m 11 25	h m 11 25						53.5	34.2	50.5									
		0.069	0.153	0.165						39.2	46.0	31.5									
		41.5	60.6	33.5						50.5	31.5	58.2									
		61.5	37.5	62.0						35.0	54.5	33.8									
		61.4	35.8	58.0						Mean Средн.	46.28	43.80	42.83								
		41.0	63.0	37.5						Сред. мом. набл.	h m 12 49	h m 12 50	h m 12 51								
		69.0	37.8	46.5						Относ. яркость } Relat. intens. }	—	0.094	0.133								
		44.2	57.0	39.8						17.3	17.2	15.6									
		44.5	39.5	33.5						34.6	33.0	31.8									
		59.5	59.5	57.5						17.3	14.3	14.0									
10	4 марта GrMT. March 4.394	42.5	42.6	38.2	36.9	3.3	3.2	13h 6m	1916 23 марта 13h 6m	33.4	31.6	32.4	37.4	3.4							
		62.5	55.0	53.2						15.2	15.0	31.6									
		51.51	48.63	45.85						32.9	32.8	16.4									
11	Относ. яркость } Relat. intens. }	—	0.091	0.189	36.9	3.3	3.2	13h 6m	1916 23 марта 13h 6m	17.1	16.7	31.5	37.4	3.4							
		GrMT. March 4.394	—	0.091						32.5	31.6	14.9									
		—	0.089	0.180						Mean Средн.	25.04	24.03	23.53								
12	Относ. яркость } Relat. intens. }	—	0.084	0.127	36.9	3.3	3.2	13h 6m	1916 23 марта 13h 6m	—	0.084	0.127	37.4	3.4							
		GrMT. March 4.394	—	0.089						—	0.089	0.180									

## Mars.

№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Амперн. in 0.01 ам.	Замѣтки Remarks	№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Амперн. in 0.01 ам.	Фонъ Backgr.	Замѣтки Remarks
		1	2	3					1	2	3			
10	1916 1 апрѣля 13h 24m	18.8 40.1 24.0 39.0 21.8 42.8 26.7 42.5	37.4 20.6 41.3 35.8 36.4 26.7 37.2 27.0	19.6 36.2 19.0 35.8 34.0 22.5 43.0 23.8	20.6 20.7	3.3	12	1916 7 апрѣля 13h 3m	13.0 30.3 14.0 34.0 38.5 13.8 29.5 15.8	32.9 13.0 28.3 15.0 13.4 28.1 13.8 32.8	11.4 28.0 8.5 29.4 26.0 11.6 29.0 11.5	23.8 23.75	3.4	
	Mean Средн. Сред. мом. набл. Относ. яркость Relat. intens.	31.96 13 24 —	31.55 13 24 0.025	29.24 13 23 0.174				Mean Средн. Сред. мом. набл. Относ. яркость Relat. intens.	23.61 13 4 —	22.16 13 2 0.130	19.48 25.8 0.429			
	13h 42m	38.4 21.5 38.5 25.5 25.5 40.4 21.6 41.1	23.7 40.8 21.5 38.5 39.0 20.9 41.8 23.5	37.4 21.8 36.3 19.8 15.6 35.1 20.4 39.0	20.7 20.7	3-3+		13h 26m	13.3 30.5 16.0 30.0 28.5 15.5 34.5 13.2	27.6 15.3 34.8 16.5 12.0 31.3 12.5 27.2	8.5 25.8 10.8 27.8 21.5 10.0 27.5 11.0	23.5		
	Mean Средн. Сред. мом. набл. Относ. яркость Relat. intens.	31.56 13 42 —	31.12 13 41 0.028	28.18 13 42 0.223				Mean Средн. Сред. мом. набл. Относ. яркость Relat. intens.	22.69 13 26 —	22.15 13 26 0.050	17.86 0.498			
	GrMT. April 1.491	—	0.027	0.198				GrMT. April 7.478	—	0.090	0.468			
11	6 апрѣля 10h 7m	14.0 40.6 13.6 30.0 37.5 18.8 39.0 23.4	30.5 17.1 36.8 15.5 10.5 31.5 24.5 43.1	13.0 31.4 10.5 29.5 29.0 20.3 37.3 17.0	23.05 23.15	3.3	13	8 апрѣля 13h 16m	31.5 56.5 37.5 47.5 32.0 57.0 36.5 44.2	32.5 50.5 36.5 45.5 54.0 30.0 40.3 29.0	44.5 36.5 44.5 26.5 25.8 34.8 28.8 44.5	18.2	2.3	
	Mean Средн. Сред. мом. набл. Относ. яркость Relat. intens.	27.11 10 7 —	26.19 10 7 0.069	23.50 10 7 0.289				Mean Средн. Сред. мом. набл. Относ. яркость Relat. intens.	42.84 13 16 —	39.79 13 16 0.131	35.74 0.330			
	10h 36m	24.4 45.0 24.5 34.8 41.5 35.8 44.8 19.3	33.4 23.5 40.5 17.0 28.3 43.5 17.3 37.5	12.5 35.6 23.5 42.3 42.1 15.0 34.5 20.2	23.0 23.05			13h 32m	41.8 36.2 57.0 30.6 30.6 54.8 32.0 49.3	27.0 40.2 29.5 52.0 28.5 50.6 25.5 38.5	25.0 37.0 29.0 49.0 45.5 22.5 38.5 29.0	18.2		
	Mean Средн. Сред. мом. набл. Относ. яркость Relat. intens.	33.76 10 36 —	30.13 10 36 0.221	28.21 10 36 0.352				Mean Средн. Сред. мом. набл. Относ. яркость Relat. intens.	41.54 13 31 —	36.49 13 31 0.236	34.44 0.345			
	GrMT. April 6.857	—	0.145	0.820				GrMT. April 8.485	—	0.183	0.388			

## Mars.

№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Ампирт. in 0.01 ам.	Фонъ Backgr.	Замѣтки Remarks	№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Ампирт. in 0.01 ам.	Фонъ Backgr.	Замѣтки Remarks
		1	2	3						1	2	3			
14	1916 24 апрѣля 10h 36m	36.5	43.4	35.0	32.0	2.3	17	1916 5 мая 9h 59m	58.6	58.6	52.5	35.6	2.3	35.6	35.6
		44.0	38.9	38.1					53.5	57.2	53.1				
		46.4	48.5	30.8					58.8	59.5	53.9				
		46.5	40.4	37.5					61.5	60.5	44.3				
		44.0	44.6	36.5					55.5	65.5	44.2				
		48.5	41.0	40.0					57.0	51.5	52.2				
		38.5	42.0	35.6					50.5	57.0	53.8				
		40.6	43.1	38.4	32.5				57.0	62.2	53.5				
		Mean Средн.	43.13	42.74	36.49				Mean Средн.	56.55	59.00	50.92			
		Сред. мом. набл.	h m 10 36	h m 10 36	h m 10 36				Сред. мом. набл.	h m 9 58	h m 9 59	h m 9 59			
15	1916 29 апрѣля 11h 50m	—	—	0.016	0.303	2.3	18	1916 8 мая 10h 7m	—	—	—	35.6	3.4	37.15	37.3
		43.7	41.4	38.4	32.5				60.5	57.2	44.3				
		36.9	48.5	33.4					69.5	58.1	52.4				
		50.0	39.5	36.0					51.5	62.1	56.6				
		40.0	47.0	37.0					59.5	64.4	47.8				
		40.0	41.8	41.4					57.8	66.5	50.0				
		51.4	38.5	33.5					66.2	66.5	48.5				
		38.8	47.4	34.5					60.0	50.5	50.0				
		46.1	46.6	34.5	32.5				60.5	58.2	50.0				
		Mean Средн.	43.37	43.84	36.09				Mean Средн.	60.69	60.44	49.95			
16	1916 29 апрѣля 11h 21m	h m 10 53	h m 10 50	h m 10 54		1.1	18	1916 8 мая 10h 7m	h m 10 21	h m 10 22	h m 10 23	35.6	3.4	37.15	37.3
		—	—	—	0.333				—	—	—	35.6			
		—	—	—	0.001				—	—	—	35.6			
		GrMT. April 24.374	—	—	0.316				—	—	—	35.6			
		Mean Средн.	35.29	36.39	27.31				Mean Средн.	22.07	22.90	15.85			
		Сред. мом. набл.	h m 11 51	h m 11 51	h m 11 49				Сред. мом. набл.	h m 10 7	h m 10 7	h m 10 7			
		Относ. яркость}	—	—	0.500				Относ. яркость}	—	—	0.692			
		Relat. intens. }	—	—	0.058				Relat. intens. }	—	—	0.076			
		GrMT. April 29.409	—	—	0.500				—	—	—	35.6			
		Mean Средн.	51.4	43.0	38.1	34.3			19.6	24.1	14.3	37.3			
17	1916 30 апрѣля 11h 21m	42.7	47.0	36.8		1.1	18	1916 10h 22m	22.4	22.2	17.0	37.3	3.4	37.15	37.3
		55.9	39.0	43.5					20.6	24.0	15.6				
		58.0	47.8	32.5					21.8	22.6	15.5				
		52.1	46.1	34.3					19.5	20.6	16.1				
		49.4	38.0	34.5					22.8	21.4	14.3				
		37.5	46.8	41.5					21.8	21.5	14.4				
		41.5	50.5	40.2	34.3				18.3	21.6	13.0				
		Mean Средн.	48.56	44.78	37.68				Mean Средн.	20.85	22.25	15.03			
		Сред. мом. набл.	h m 11 21	h m 11 21	h m 11 20				Сред. мом. набл.	h m 10 21	h m 10 22	h m 10 24			
		Относ. яркость}	—	—	0.443				Относ. яркость}	—	—	0.687			
		Relat. intens. }	—	—	0.135				Relat. intens. }	—	—	0.106			
		GrMT. April 30.889	—	—	0.443				GrMT. May 8.848	—	—	0.690			

## Mars.

№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Амперт. in 0.01 ам.	Фонъ Backgr.	Замѣтки Remarks	№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Амперт. in 0.10 ам.	Фонъ Backgr.	Замѣтки Remarks	
		1	2	3						1	2	3				
19	1916							21	1916							
	8 мая	46.1 <sup>0</sup>	43.5 <sup>0</sup>	26.1 <sup>0</sup>	37.4				9 мая	38.6 <sup>0</sup>	35.6 <sup>0</sup>	27.6 <sup>0</sup>	35.05			2.4
	10h 54m	47.6	52.7	32.4					10h 28m	32.4	39.6	24.5				
		45.1	46.5	36.1						41.5	35.8	25.4				
		41.0	43.4	35.6						35.4	42.1	24.6				
		40.3	47.6	33.6						37.1	37.8	23.8				
		48.0	56.3	32.6						31.8	37.2	29.2				
		49.2	40.7	31.7						34.8	35.1	25.4				
		41.0	40.0	35.8						35.4	34.4	28.8	35.0			
	Mean Средн.	44.79	46.34	32.99					Mean Средн.	35.88	37.20	26.16				
19	Сред. мом. набл.	h m	h m	h m					Сред. мом. набл.	10 28	10 28	10 27				
	10 54	10 55	10 54						Относ. яркость } Relat. intens. }	—	—	—	0.068	0.618		
	Отинос. яркость } Relat. intens. }	—	m	m						37.3	36.8	21.0	35.0			
		—	-0.058	0.560						36.8	36.0	27.0				
									10h 45m	31.8	36.2	27.5				
										35.6	31.2	29.5				
										34.9	34.8	24.8				
										33.3	34.6	22.5				
										39.3	37.2	27.6				
										30.6	39.2	27.2	35.0			
19	Mean Средн.	44.75	44.30	32.51					Mean Средн.	34.95	35.75	25.89				
	Сред. мом. набл.	—	—	h m					Сред. мом. набл.	10 46	10 47	10 44				
				11 9					Относ. яркость } Relat. intens. }	—	m	m	0.043	0.590		
	Отинос. яркость } Relativ intens. }	—	m	m					GrMT. May 9.358	—	—	—	0.055	0.604		
	GrMT. May 8.375	—	-0.033	0.569					25 Мая	41.0	32.1	32.8	34.4	8.6		1.2
										41.0	45.0	31.1		10.3		
										49.0	39.5	29.5		6.6		
									9h 3m	36.8	42.8	32.8		10.0		
										34.6	34.5	25.5		8.1		
										28.3	46.0	32.8		8.8		
20	9 мая	46.9	38.4	32.5	37.4			22	30.6	33.0	32.0					
	9h 31m	47.2	44.1	31.4					36.2	32.6	27.1	34.2	6.6			
		42.9	44.0	34.2					Mean Средн.	37.19	38.19	30.45		8.65		
		41.6	43.4	35.4					Сред. мом. набл.	h m	h m	h m				
		42.6	43.6	31.4					Относ. яркость } Relat. intens. }	—	m	m	0.052	0.414		
		44.3	47.6	34.9						35.0	31.9	25.9	34.1	2.6		
		49.1	48.0	33.6						28.1	33.3	28.0		4.9		
		47.4	45.3	34.6						31.5	31.0	31.9		3.6		
	Mean Средн.	45.25	44.30	33.50						34.5	33.0	25.8		4.6		
	Сред. мом. набл.	h m	h m	h m	37.7					32.4	34.9	26.0		2.6		
20		9 30	9 31	9 31						37.0	31.5	31.5		4.9		
	Относ. яркость } Relat. intens. }	—	m	m						31.5	29.2	27.4		3.6		
		—	0.037	0.543						29.5	31.2	27.0	34.1	5.5		
									Mean Средн.	32.44	32.00	27.94				
									Сред. мом. набл.	h m	h m	h m				
									Относ. яркость } Relat. intens. }	—	m	m	0.027	0.299		
										28.2	32.4	23.9	34.1	4.2		
										30.8	26.6	28.2		3.5		
										35.8	31.4	22.0		1.6		
									9h 42m	33.6	32.5	29.2	34.1	4.6		
20	10h 5m	34.2	36.1	29.0	35.1					33.7	34.4	21.0				
		43.2	35.3	27.0						34.5	27.8	27.4				
		34.9	38.1	27.6						29.2	31.6	23.2	34.0	3.48		
		37.6	38.4	25.5						31.6	32.5	29.2				
20		35.2	36.4	27.4				22	Mean Средн.	32.18	31.15	25.51				
		38.3	34.6	26.6					Сред. мом. набл.	—	—	h m				
		34.6	35.4	24.6					Относ. яркость } Relat. intens. }	—	m	m	0.064	0.469		
		36.6	33.5	28.0					GrMT. May 25.808	—	—	h m	0.018	0.894		
20	Mean Средн.	36.83	35.98	26.36												
	Сред. мом. набл.	h m	h m	h m												
		10 5	10 5	10 6												
20	Относ. яркость } Relat. intens. }	—	m	m	0.043	0.652		22	Mean Средн.	32.18	31.15	25.51				
		—	0.043	0.652					Сред. мом. набл.	—	—	h m				
20	GrMT. May 9.845	—	0.040	0.598				22	Относ. яркость } Relat. intens. }	—	m	m	0.064	0.469		
		—	0.040	0.598					GrMT. May 25.808	—	—	h m	0.018	0.894		

## Венера.

Наблюдения №№ 1—13 сдѣланы въ Юрьевѣ на рефракторѣ Фрауэнгофера съ фокуснымъ разстояніемъ 4331 милл. и съ діафрагмой въ 100 милл. діаметромъ;

№№ 14—24 — на 15-тидюймовомъ рефракторѣ Пулковской Обсерваторіи съ фокусн. разстояніемъ въ 6874 милл. и съ діафрагмой въ 100 милл. діаметромъ.

Точки 1, 2, 3 брались на большомъ кругѣ, проходящемъ черезъ землю и солнце, въ серединѣ между краями (точка 1) и на  $\frac{1}{4}$  разстоянія отъ положительного (точка 2) и отрицательного края планеты (точка 3).

Въ наблюденіяхъ 22, 23, 24 точки I, II, III всѣ на положительномъ краю планеты, въ серединѣ серпа и на концахъ дугъ въ  $45^{\circ}$ . (точки II) и въ  $67^{\circ}5$  (точки III) по направлению къ съверу и югу отъ точки I.

Относительныя яркости вычислены по отношенію къ точкамъ 1 и I.

---

## Venus.

The observations №№ 1—13 incl. are made with the Frauenhofer refractor (foc. dist. 4331 mm.) using a diaphragm of 100 mm. in diameter;

№№ 14—24 — with the 15 inch refractor of Pulkovo (foc. dist. 6874 mm.) and a diaphragm of 100 mm. in diameter.

The points 1, 2, 3 have been taken on the great circle passing through Earth and Sun in the middle between the edges (point 1) and on  $\frac{1}{4}$  of their distance from the positive edge (point 2) and the negative edge (point 3).

In the observations 22, 23, 24 all points I, II, III are on the positive edge of the planet, in the middle of the scythe and at the ends of the arcs of  $45^{\circ}$  (points II) and of  $67^{\circ}5$  (points III) towards the north and south from the point I.

The relative intensities are computed with regard to the points 1 and I.

---

## Venus.

№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Амперн. in 0.01 ам.	Фонь Backgr.	Замѣтки Remarks	№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Амперн. in 0.01 ам.	Фонь Backgr.	Замѣтки Remarks		
		1	2	3						1	2	3					
1	1916 23 марта	28.5	46.0	10.8	20.9		2.4	4	1916 30 марта	0	0	25.5	24.1		1.2		
	48.8	31.2	37.6						33.4	43.6	25.5						
	28.0	45.0	19.8						51.5	56.8	48.4						
	7h 32m	44.2	28.4	37.8					41.5	41.8	35.0						
	26.3	42.8	12.5						62.0	65.4	48.6						
	42.5	34.5	35.8						38.6	43.7							
	27.3	51.5	21.5						53.6	36.0							
	51.5	35.4	34.5						46.5	42.0							
	Mean Средн.	37.14	39.35	26.29					57.0	29.6							
	Сред. мом. набл.	h m 7 31	h m 7 33	h m 7 34													
2	Относ. яркость Relat. intens.	—	-0.126	0.673												1/2 weight	
	48.0	27.5	33.0					5	Mean Средн.	47.10	50.41	38.60					
	25.0	45.5	20.5						Сред. мом. набл.	—	h m 7 32	h m 7 32					
	40.0	29.2	37.4						Относ. яркость Relat. intens.	—	-0.111	0.349					
	7h 52m	27.0	51.5	20.8					44.6	31.8	29.8					24.0	
	29.5	43.5	15.8						41.8	44.5	15.0						
	43.8	32.8	37.8						53.1	33.0	35.0						
	29.8	51.5	17.8						34.5	44.1	19.0						
	45.0	32.0	37.6						31.0	47.5	22.5						
	Mean Средн.	36.01	39.19	27.59					39.5	29.0	44.0						
3	Сред. мом. набл.	h m 7 52	h m 7 52	h m 7 52					26.0	53.5	26.0						
	Относ. яркость Relat. intens.	—	-0.157	0.517					40.0	36.0	43.0						
	GrMT. March 23.248	—	-0.142	0.595					Mean Средн.	38.81	39.93	29.29					
	26 марта	46.8	32.5	33.8					Сред. мом. набл.	h m 8 0	h m 8 0	h m 8 2					
	32.5	49.8	21.3						Относ. яркость Relat. intens.	—	-0.052	0.538					
	43.0	36.3	39.8						GrMT. March 20.250	—	-0.072	0.475					
	8h 10m	31.6	49.3	18.6					1 апрѣля	52.3	31.6	36.7				3.4	
	34.0	56.0	15.6						33.8	54.5	18.3						
	51.5	39.8	36.5						51.5	41.0	39.5						
	30.2	46.0	25.4						7h 4m	31.1	51.2	19.2					
4	41.5	36.0	44.6						42.6	36.0	41.1					25.95	
	Mean Средн.	38.88	43.21	29.45					28.3	54.1	21.6						
	Сред. мом. набл.	h m 8 10	h m 8 10	h m 8 10					49.8	39.5	35.0						
	Относ. яркость Relat. intens.	—	-0.188	0.531					36.6	48.5	19.1						
	GrMT. March 26.267	—	-0.188	0.531					Mean Средн.	40.75	44.55	28.81					
	28 марта	37.6	65.5	24.3					Сред. мом. набл.	h m 7 3	h m 7 4	h m 7 5					
	53.6	42.5	46.0						Относ. яркость Relat. intens.	—	-0.156	0.659					
	43.0	53.0	22.5						32.8	46.8	17.2					25.4	
	7h 7m	56.0	44.5	42.5					41.1	31.8	37.6						
	52.5	45.5	43.1						27.0	44.8	22.7						
5	40.8	59.6	27.5						49.2	25.0	34.5					25.35	
	53.0	48.5	50.3						46.5	30.0	37.2						
	38.0	65.0	32.0						33.0	42.4	15.5						
	Mean Средн.	46.81	53.01	36.03					42.3	24.6	38.3						
	Сред. мом. набл.	h m 7 7	h m 7 6	h m 7 7					24.6	51.4	19.5						
	Относ. яркость Relat. intens.	—	-0.198	0.466					Mean Средн.	37.06	37.10	27.81					
	GrMT. March 28.228	—	-0.019	0.591					Сред. мом. набл.	h m 7 23	h m 7 23	h m 7 23					
	21.4								Относ. яркость Relat. intens.	—	-0.025	0.556					
	7h 43m	35.3	49.7	26.6					23.4	41.2	20.3					25.15	
	56.3	36.3	44.5						45.5	23.0	35.6						
6	36.4	59.4	26.4						28.7	48.5	16.3						
	53.0	40.5	45.8						40.7	27.4	34.5						
	64.5	41.1	43.0						40.6	24.8	36.7					25.05	
	46.5	65.6	26.4						26.5	47.8	17.8						
	62.4	40.3	42.6						44.5	25.8	35.1						
	40.5	57.6	27.3						26.8	43.8	13.6						
	Mean Средн.	49.36	48.81	35.33					Mean Средн.	34.59	35.29	26.24					
	Сред. мом. набл.	h m 7 43	h m 7 43	h m 7 43					Сред. мом. набл.	h m 7 42	h m 7 41	h m 7 40					
	Относ. яркость Relat. intens.	—	+0.019	0.591					Относ. яркость Relat. intens.	—	-0.038	0.542					
	GrMT. April 1.286	—	-0.090	+0.529					GrMT. April 1.286	—	-0.073	0.586					

## Venus.

№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Ампера. in 0.01 ам.	Фонъ Backgr.	Замѣтки Remarks	№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Ампера. in 0.01 ам.	Фонъ Backgr.	Замѣтки Remarks
		1	2	3						1	2	3			
6	1916 4 апрѣля 7h 38m	33.0	52.5	27.0	24.35	4	nebu- lous	1916 8h 45m	Mean Средн. Сред. мом. набл. Относ. яркость Relat. intens. } 7h 45m	40.9	43.4	31.4	23.8	23.3	1.3
		56.0	28.5	40.8						49.5	44.1	26.4			
		38.6	58.6	25.9						47.5	38.1	25.8			
		48.4	40.9	44.0						38.5	47.8	24.5			
		33.0	34.0	36.5						30.6	39.5	30.0			
		55.1	60.0	24.9						36.3	43.1	29.7			
		40.5	40.5	40.2						37.2	49.5	31.2			
		50.9	51.2	21.4	24.2					37.2	37.0	30.2			
		Mean Средн.	44.44	45.78	32.59					Mean Средн.	39.71	42.81	28.65		
		—	—	—		Сред. мом. набл.				8 45	8 44	8 45			
7	GrMT. April 16.281 6 апрѣля 8h 28m	—	-0.050	0.569		9	16 апрѣля 9h 2m	Mean Средн. Сред. мом. набл. Относ. яркость Relat. intens. } 9h 23m	47.8 37.3 41.3 43.3 45.5 36.2 42.0 43.0	45.5 45.0 35.6 45.3 40.9 42.9 42.4 46.3	30.5 29.9 31.8 34.1 32.7 36.4 36.8 28.5	23.1	22.9	1.3	
		47.6	48.5	21.5	24.15					49.6	50.0	28.5			
		30.0	28.6	36.5						38.5	52.5	27.5	37.7		
		49.4	46.0	20.5						39.5	49.0	27.5			
		33.8	32.5	35.0						45.0	36.5	31.8			
		26.3	28.5	48.0	24.05					40.0	40.8	31.4			
		48.1	57.7	29.0						32.5	31.5	23.6			
		28.0	38.0	38.2						36.5	43.0	25.5			
		45.5	50.3	22.3	23.95					48.6	48.5	28.4	37.7		
		Mean Средн.	38.59	41.24	31.38					Mean Средн.	42.05	42.99	32.59		
8	GrMT. April 16.300 17 апрѣля 8h 46m	—	-0.120	0.392		10	17 апрѣля 8h 3m	Mean Средн. Сред. мом. набл. Относ. яркость Relat. intens. } 8h 30m	48.2 61.0 48.3 59.0 48.3 59.0 48.3 59.0 48.3 59.0	58.0 48.0 48.0 48.0 48.0 48.0 48.0 48.0 48.0 48.0	38.0 29.8 24.8 37.8 32.1 34.0 32.9 31.5 32.9 31.5	37.7	3.3		
		—	-0.085	0.481						9 23	9 24	9 23			
		32.8	43.6	20.5	37.1					—	-0.111	+0.737			
		52.4	36.2	34.1						—	-0.075	0.605			
		33.8	59.2	20.6	37.05					17 апрѣля	48.2	58.0	38.0	37.7	
		46.8	40.5	57.4						61.0	48.0	29.8			
		45.0	35.0	45.5						48.3	59.0	24.8			
		28.2	51.8	29.1						47.6	55.9	37.8			
		55.0	33.5	40.0						48.0	46.6	32.1			
		34.6	49.5	21.8	36.95					54.5	46.4	34.0			
9	GrMT. April 16.300 17 апрѣля 8h 46m	41.08	43.66	33.00		1.3	Mean Средн. Сред. мом. набл. Относ. яркость Relat. intens. } 8h 30m	51.5 43.2 58.5 53.2 51.0 43.0	54.3 57.8 55.5 66.3 53.4 48.1	41.4 40.5 31.8 31.5 31.4 39.1	32.61 37.7	3.3			
		h m	h m	h m						53.5	63.5	35.1			
		8 27	8 28	8 28						60.8	63.8	34.8			
		—	-0.107	0.408						50.05	57.46	35.70			
		26.3	49.0	20.5	26.95					h m	h m	h m			
		46.3	31.5	41.3						8 1	8 5	8 4			
		29.0	49.5	24.9						—	-0.089	0.790			
		50.5	32.5	40.6						51.5	54.3	41.4			
		50.9	32.0	43.3	26.9					43.2	57.8	40.5			
		35.5	48.2	24.2						58.5	55.5	31.8			
		48.2	28.3	40.2						53.2	66.3	31.5			
		28.8	57.3	22.4	26.8					51.0	53.4	31.4			
10	GrMT. April 17.271 17 апрѣля 8h 3m	39.44	41.04	32.18		1.3	Mean Средн. Сред. мом. набл. Относ. яркость Relat. intens. } 8h 30m	48.3 48.3 48.3 48.3 48.3 48.3 48.3 48.3 48.3 48.3	59.0 48.0 48.0 48.0 48.0 48.0 48.0 48.0 48.0 48.0	24.8 37.8 32.1 34.0 32.9 31.5 32.9 31.5 32.9 31.5	37.7	3.3			
		h m	h m	h m						h m	h m	h m			
		8 45	8 46	8 46						8 1	8 5	8 4			
		—	-0.071	0.383						—	-0.089	0.790			
		—	-0.089	+0.895						51.5	54.3	41.4			
		47.8	49.0	34.5						43.2	57.8	40.5			
		53.1	42.4	29.2						58.5	55.5	31.8			
		52.1	65.0	28.0						53.2	66.3	31.5			
		57.8	43.8	34.5						51.0	53.4	31.4			
		41.8	48.0	35.5						43.0	48.1	39.1			
		44.0	56.2	37.3	24.00					63.5	63.5	35.1			
11	GrMT. April 17.271 17 апрѣля 8h 30m	47.86	49.54	32.60		1.3	Mean Средн. Сред. мом. набл. Относ. яркость Relat. intens. } 8h 30m	50.05 h m 8 30	57.46 h m 8 30	35.70 h m 8 30	37.7	3.3			
		h m	h m	h m						h m	h m	h m			
		8 16	8 18	8 17						8 1	8 5	8 4			
		—	-0.056	0.688						—	-0.206	0.592			
		—	-0.147	0.691						—	-0.147	0.691			

## Venus.

№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Ампепт. in 0.01 ам.	Фонь Backgr.	№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Ампепт. in 0.01 ам.	Фонь Backgr.	Замѣтки Remarks
		1	2	3					1	2	3			
11	1916 23 апрѣля 8h 15m	47.3 <sup>0</sup>	61.5 <sup>0</sup>	36.5 <sup>0</sup>	37.4 37.1	2.3	13	1916 25 апрѣля 8h 56m	43.5 <sup>0</sup>	59.8 <sup>0</sup>	36.5 <sup>0</sup>	36.95 36.65	1.2	
		45.2	53.8	30.5					42.4	55.8	40.0			
		47.9	60.5	40.0					48.6	46.5	30.0			
		54.5	66.5	34.5					49.4	53.1	29.0			
		40.0	49.5	32.3					51.8	52.8	27.8			
		46.5	62.5	36.4					49.5	51.1	39.5			
		51.8	56.5	32.0					40.5	55.8	37.8			
		50.4	47.6	36.3					49.8	61.8	34.5			
		Mean Средн.	47.95	57.30	34.81				Mean Средн.	46.94	54.59	34.39		
		Сред. мом. набл.	h m 8 14	h m 8 15	h m 8 17				Сред. мом. набл.	h m 8 56	h m 8 56	h m 8 55		
12	1916 24 апрѣля 8h 32m	—	-0.272	0.571	37.2 37.5	3.3	14	Poukovo. 30 апрѣля 9h 13m	—	-0.237	0.559	36.9 36.9	3.3	
		52.5	53.6	35.7					44.5	57.5	32.0			
		38.5	58.3	34.0					52.6	46.7	34.7			
		47.8	45.3	32.3					54.0	53.0	38.5			
		51.7	56.1	26.4					44.0	48.1	33.8			
		47.3	48.3	30.0					52.8	47.0	34.0			
		44.5	46.1	33.4					50.1	54.8	34.3			
		37.3	51.3	32.6					48.1	54.0	44.3			
		42.4	63.0	32.8					46.8	51.5	29.5			
		Mean Средн.	45.25	52.75	32.15				Mean Средн.	49.11	51.58	35.14		
12	Сред. мом. набл.	h m 8 32	h m 8 31	h m 8 33	Сред. мом. набл.				h m 9 12	h m 9 24	h m 9 22			
		—	-0.247	0.627	Отинос. яркость Relat. intens.				—	-0.078	0.592			
		GrMT. April 23.276	—	-0.260	0.599				GrMT. April 25.306	—	-0.158	0.575		
		Mean Средн.	39.13	43.39	29.91				Mean Средн.	34.50	39.34	23.73		
		Сред. мом. набл.	h m 8 48	h m 8 46	h m 8 47				Сред. мом. набл.	h m 9 12	h m 9 13	h m 9 15		
		Отинос. яркость Relat. intens.	—	-0.185	0.512				Отинос. яркость Relat. intens.	—	-0.245	0.742		
		38.5	45.7	24.0	GrMT. April 30.310				—	-0.245	0.742			
		38.6	38.6	25.0	1 мая				47.0	61.3	35.0			
		33.1	51.2	28.8	46.4				57.4	34.3				
		36.8	43.6	30.8	44.3				57.3	28.0				
12	9h 3m	37.0	43.3	30.4	37.0	15	8h 28m	42.8 42.3 42.8 42.8 42.8	47.8	55.8	29.3	38.4 38.2 38.5	5.5 3.2 4.8 3.5 4.25	3.3 3.3 3.3
		34.4	47.6	29.0					42.8	47.6	25.5			
		43.4	39.2	31.4					42.3	60.0	30.5			
		44.2	57.0	25.4					42.8	54.3	29.5			
		Mean Средн.	38.25	45.78	28.10				42.8	50.0	29.1			
		Сред. мом. набл.	h m 9 2	h m 9 3	h m 9 4				Mean Средн.	44.51	55.46	30.15		
		Отинос. яркость Relat. intens.	—	-0.310	0.602				Сред. мом. набл.	h m 8 28	h m 8 28	h m 8 28		
		GrMT. April 24.298	—	-0.248	0.557				Отинос. яркость Relat. intens.	—	-0.352	0.736		

## Venus.

№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Амперн. in 0.01 ам.	Фонть Backgr.	Замѣтки Remarks	№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Амперн. in 0.01 ам.	Фонть Backgr.	Замѣтки Remarks	
		1	2	3						1	2	3				
1916	8h 49m	51.2	56.4	31.1	38.4	3.0	38.2	3.50	1916	37.8	38.0	22.1	25.8	8.0		
		51.5	63.5	31.5		4.5				32.0	38.5	24.5		9.5		
		46.8	60.5	29.5		3.2				41.0	42.5	25.0		10.0		
		43.2	47.5	33.5		3.3				31.8	44.5	25.6		10.0		
		43.5	50.3	31.8						31.5	35.6	23.4		7.4		
		40.5	58.0	29.4						31.2	42.0	21.1		9.8		
		46.5	43.5	29.0						33.5	35.0	23.0		10.0		
		35.4	53.5	28.0						28.0	39.1	22.7		10.0		
		Mean Средн.	44.83	54.15	30.48		Mean Средн.			33.35	39.40	23.42	9.34			
		Сред. мом. набл.	h 50	h 50	h 48		Сред. мом. набл.			h 13	h 13	h 13				
16	8h 26m	Относ. яркость } Relat. intens. }	—	-0.305	0.722	38.95	1.5	3.4	18	Относ. яркость } Relat. intens. }	—	-0.338	0.804	24.1	16.3	4.4
		GrMT. May 1.285	—	-0.329	0.729					GrMT. May 8.203	—	-0.397	0.726			
		3 мая	43.3	48.6	25.8					9 мая	48.6	56.0	31.2			
		40.3	51.5	32.5	2.9	52.4				57.9	36.2	12.8				
		38.0	42.6	28.5	1.1	44.2				61.2	33.6	12.0				
		42.3	45.5	28.5	3.8	43.4				56.8	36.8	12.1				
		38.6	50.8	27.2	3.5	45.3				57.8	34.0	10.1				
		41.2	53.6	28.6	3.6	46.1				58.5	36.5	13.2				
		40.6	52.1	29.6	1.1	53.3				52.2	41.0	11.8				
		42.8	45.5	29.2	2.0	42.7				54.1	32.5	13.6				
17	6h 26m	Mean Средн.	40.89	48.78	28.74	39.0	2.44	5.3	18	Mean Средн.	47.00	56.81	35.23	23.8	12.74	4.4
		Сред. мом. набл.	h 26	h 25	h 27					Сред. мом. набл.	h 40	h 43	h 42			
		Относ. яркость } Relat. intens. }	—	-0.303	0.679					Относ. яркость } Relat. intens. }	—	-0.318	0.583			
		GrMT. May 3.278	—	-0.303	0.679					43.4	62.4	34.1	13.1			
		8 мая	37.5	42.9	30.0					44.0	58.1	33.2	12.0			
		39.7	45.0	30.5	14.4	50.4				52.4	32.0	13.2				
		35.3	52.1	30.4	13.4	48.6				58.0	37.6	10.8				
		35.5	44.4	25.8	14.6	47.8				58.3	31.7	11.4				
		40.0	47.5	35.5	13.9	47.4				53.6	28.3	14.0				
		41.0	51.0	30.4	15.1	50.5				51.3	37.3	11.0				
19	6h 52m	37.0	45.3	28.5	24.95	12.3	13.2	5.3	18	39.5	56.4	35.4	23.8	13.5	4.4	
		35.6	44.5	31.3		13.2				Mean Средн.	46.45	56.31	33.70	12.38		
		Mean Средн.	37.59	46.59	30.30	Сред. мом. набл.				h 2	h 1	h 2				
		Сред. мом. набл.	h 25	h 26	h 27	Относ. яркость } Relat. intens. }				—	-0.324	0.658				
		Относ. яркость } Relat. intens. }	—	-0.432	0.500	GrMT. May 9.212				—	-0.321	0.620				
		32.5	37.6	26.5	26.05	9.9	19	13	18	34.9	44.5	22.8	24.05		2.3	
		35.2	39.5	21.2		12.8				34.7	44.3	22.1				
		38.0	47.0	22.5		9.4				34.6	38.5	22.5				
		31.6	47.6	27.5		12.0				40.9	37.5	20.8				
		30.0	36.4	22.1		9.5				37.0	45.3	20.8				
		31.5	37.3	24.2		10.2				44.2	36.3	21.5				
		32.5	48.4	20.0		10.6				32.3	38.0	21.8				
		41.5	41.6	24.6		11.8				34.3	45.3	23.8				
		Mean Средн.	34.10	41.93	23.58	Mean Средн.				36.61	41.21	22.01				
		Сред. мом. набл.	h 52	h 51	h 53	Сред. мом. набл.				h 51	h 51	h 51				
		Относ. яркость } Relat. intens. }	—	-0.420	0.873	Относ. яркость } Relat. intens. }				—	-0.216	1.009				

## Venus.

№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Ампера. in 0.01 ам.	Фонъ Backgr.	Замѣтки Remarks	№	Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Ампера. in 0.01 ам.	Фонъ Backgr.	Замѣтки Remarks							
		1	2	3						1	2	3										
1916													1916									
		31.4 <sup>0</sup>	34.7 <sup>0</sup>	20.8 <sup>0</sup>	24.0						37.5 <sup>0</sup>	44.2 <sup>0</sup>	27.6 <sup>0</sup>	38.15	10.2							
	10h 5m	38.8	45.2	21.8							33.2	40.9	31.0		8.8							
		34.4	34.2	25.8							39.8	36.0	28.0		11.2							
		32.5	33.3	19.1							44.2	39.0	23.7		13.6							
		29.0	38.8	22.4							36.5	36.5	27.7		10.2							
		35.5	33.5	23.2							28.5	49.5	27.8		10.3							
		31.1	37.8	25.0							39.5	50.0	29.4		10.2							
		29.4	36.5	26.3	24.0						43.8	44.5	24.5	38.0	9.5							
	Mean Средн.	32.76	36.75	23.05							37.88	42.58	27.46		10.50							
	Сред. мом. набл.	h m 10 5	h m 10 5	h m 10 6							h m 6 4	h m 6 4	h m 6 4									
	Относ. яркость Relat. intens. }	—	-0.219	0.703							—	-0.229	0.707									
	GrMT. May 13.299	—	-0.217	0.856							GrMT. May 25.171	—	-0.260	0.665								
20	18 мая	27.5	36.3	19.6	37.95	2.3	6.0	7.12			Ср. мѣстн. вр. M. L. T.	Отсчеты круга въ точкахъ: The readings of the circle:			Ампера. in 0.01 ам.	Фонъ Backgr.	Замѣтки Remarks					
		30.0	34.4	21.4								I	II	III								
		31.5	39.0	22.0								62.2 <sup>0</sup>	40.3 <sup>0</sup>	33.6 <sup>0</sup>								
		27.8	35.2	20.2								61.5	47.3	28.5								
		28.3	35.5	21.0								65.6	50.4	30.5								
		31.8	36.5	19.6								55.5	48.8	33.6								
		33.6	37.5	18.5								60.8	47.8	35.0								
		29.8	33.0	19.5								57.3	43.9	39.1								
		Mean Средн.	30.04	35.93	20.23							53.4	45.1	36.6								
		Относ. яркость Relat. intens. }	—	-0.364	0.884							56.9	46.3	37.4								
		8h 3m	46.3	46.6	26.2							GrMT. May 9.176	—	0.271	0.904	24.1	16.2					
			37.7	50.2	29.0							Mean Средн.	59.15	46.24	34.29	50.08	36.61	14.45				
			36.8	42.1	29.0							Сред. мом. набл.	h m 6 13	h m 6 14	h m 6 14	h m 6 15	h m 6 14	h m 6 14				
			40.2	40.5	26.0							Относ. яркость Relat. intensity }	—	0.418	1.056	0.271	0.904					
		Mean Средн.	40.25	44.85	27.56							23	18 мая	35.5	28.1	25.6	36.1	22.0	38.05	5.6	3.3	
		Сред. мом. набл.	h m 8 3	h m 8 3	h m 8 4								38.0	27.3	21.0	39.5	25.8		8.2			
		Относ. яркость Relat. intens. }	—	-0.196	0.766								38.3	29.2	20.6	31.2	24.5		9.6			
		GrMT. May 18.261	—	-0.308	0.845								35.0	35.8	22.2	29.5	23.1		9.2			
			46.2	46.6	27.1								32.5	27.4	25.8	28.4	22.1		8.5			
		5h 40m	42.3	51.5	31.5								33.3	34.5	22.5	32.2	19.2		6.8			
			35.6	45.8	34.1								37.8	31.5	21.2	35.0	27.3		8.7			
			39.0	53.1	31.4								37.2	30.8	23.8	35.8	26.0		6.0			
			45.0	41.0	28.3								Mean Средн.	35.95	30.58	22.84	33.46	23.75		7.83		
			41.5	47.0	33.4								Сред. мом. набл.	h m 7 34	h m 7 35	h m 7 36	h m 7 35	h m 7 35		7 35		
			44.8	48.1	32.5								Относ. яркость Relat. intensity }	—	0.332	0.981	0.145	0.891				
		Mean Средн.	41.90	47.71	30.71								24	25 мая	40.7	32.1	27.8	36.5	31.6	37.6	11.8	2.3
		Сред. мом. набл.	h m 5 40	h m 5 40	h m 5 40									47.6	36.1	28.8	45.5	28.8		12.5		
		Относ. яркость Relat. intens. }	—	-0.292	0.623									45.5	42.5	26.8	45.5	27.6		15.0		
						weight 1/2	37.5	11.5	12.7	12.7	2.3	2.3	25 мая	47.8	35.0	29.8	29.5	29.5	37.7	11.9	13.91	
													37.8	35.0	29.8	28.4	26.2		15.6			
													49.4	41.5	27.8	28.4	26.2		15.6			
													43.3	34.5	27.6	44.2	33.5		15.5			
													47.5	35.5	32.0	39.5	31.8		13.2			
													45.6	47.3	33.0	35.5	32.8		11.9			
													Mean Средн.	44.68	38.06	29.20	38.08	30.24		13.91		
													Сред. мом. набл.	h m 5 13	h m 5 14	h m 5 15	h m 5 14	h m 5 14				
													Относ. яркость Relat. intensity }	—	0.330	0.961	0.829	0.871				

