

Цингер Николай Яковлевич

Курс астрономии

Часть практическая

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 82-3
ББК 84-4
Н63

Н63 **Николай Яковлевич Ц.**
Курс астрономии: Часть практическая / Цингер Николай Яковлевич – М.: Книга по Требо-
ванию, 2023. – 292 с.

ISBN 978-5-521-29603-3

ISBN 978-5-521-29603-3

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг — не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель — вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания — решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

ГЛАВА VII.

Пассажный инструментъ и зенить-телескопъ.

§ 51. Назначеніе пассажнаго инструмента (116).—§ 52. Пассажные инструменты съ постоянной установкой (117).—§ 53. Переносные пассажные инструменты (119).—§ 54. Дѣйствіе главнѣйшихъ инструментальныхъ погрѣшностей (122).—§ 55. Изслѣдованіе правильности цапфъ (125).—§ 56. Повѣрка сѣтки нитей и опредѣленіе разстояній между ними (126).—§ 57. Зенить-телескопъ (128).—§ 58. Сравнительная выгодность наблюденій зенить-телескопомъ (130).

ГЛАВА VIII.

Переносный вертикальный кругъ и универсальный инструментъ.

§ 59. Вертикальный кругъ Репсолъда (131).—§ 60. Измѣреніе зенитныхъ разстояній (133).—§ 61. Вліяніе наклонности и коллимаціонной ошибки (135).—§ 62. Вліяніе погрѣшностей лимба (136).—§ 63. Вліяніе гнѣтия трубы (137).—§ 64. Теодолиты и универсальные инструменты (138).—§ 65. Малый универсальный инструментъ (139).—§ 66. Универсальный инструментъ съ микроскопами (142).—§ 67. Точность азимутальныхъ наблюденій (142).—§ 68. Вліяніе наклонности и неправильностей цапфъ горизонтальной оси (144).—§ 69. Вліяніе коллимаціонной ошибки и бокового расположенія трубы (145).—§ 70. Вліяніе погрѣшностей азимутальнаго круга (145).—§ 71. Употребленіе повѣрительной трубы (148).

ГЛАВА IX.

Отражательные угломѣрные инструменты.

§ 72. Устройство секстанта (150).—§ 73. Опредѣленіе коллимаціонной ошибки (152).—§ 74. Повѣрка расположенія зеркалъ и трубы (153).—§ 75. Точность измѣренія угловъ (154).—§ 76. Вліяніе призматичности большаго зеркала и двѣтныхъ стеколъ (155).—§ 77. Вліяніе наклонности зеркалъ и трубы (156).—§ 78. Общее заключеніе объ употребленіи секстанта (158).—§ 79. Призмозеркальный кругъ Пистора (159).—§ 80. Отражательный инструментъ Репсолъда (160).—§ 81. Измѣреніе высотъ свѣтилъ отражательными инструментами (162).—§ 82. Коллиматоръ Флерье (163).

ОТДѢЛЪ II.

Опредѣленіе географическихъ координатъ мѣстъ изъ астрономическихъ наблюдений.

ГЛАВА X.

Обзоръ способовъ опредѣленія времени, широты и направленія меридіана.

- § 83. Объ опредѣленіи мѣстнаго времени и широты вообще (167).—
§ 84. Абсолютныя измѣренія зенитныхъ разстояній (168).—§ 85. Соответ-
ственные высоты звѣздъ (170).—§ 86. Азимутальныя наблюденія свѣтилъ
(171).—§ 87. Наблюденія пассажнымъ инструментомъ (173).—§ 88. Вліяніе
неточности координатъ звѣздъ (174).—§ 89. Вліяніе суточной абберраціи (175).—
§ 90. Установка переносныхъ инструментовъ для наблюдений (176).

ГЛАВА XI.

Опредѣленіе времени по высотамъ свѣтилъ.

- § 91. Измѣренія зенитныхъ разстояній звѣзды (178).—§ 92. Вычисле-
ніе поправки хронометра (179).—§ 93. Наблюденія Солнца (182).—§ 94. Со-
единеніе нѣсколькихъ наблюдений въ одно среднее (183).—§ 95. Наблюденія
западныхъ и восточныхъ звѣздъ (184).—§ 96. Формулы для опредѣленія вре-
мени по соответствующимъ высотамъ звѣздъ (186).—§ 97. Наблюденія со-
ответствующихъ высотъ звѣздъ (188).—§ 98. Соответственные высоты
Солнца (191).

ГЛАВА XII.

Опредѣленіе широты мѣста по высотамъ свѣтилъ.

- § 99. Приведеніе измѣренныхъ высотъ къ меридіональнымъ (193).—
§ 100. Выводъ широты мѣста (195).—§ 101. Таблицы „*Nautical Almanac*“
для высотъ Полярной (198).—§ 102. Близьмеридіональныя высоты Солнца
(199).—§ 103. Наблюденія южныхъ и сѣверныхъ звѣздъ (200).—§ 104.
Наблюденія зенитъ-телескопомъ (202).—§ 105. Равныя высоты сѣверныхъ и
южныхъ звѣздъ (204).

ГЛАВА XIII.

Совокупное опредѣленіе широты мѣста и времени по высотамъ свѣтилъ.

§ 106. Вычисленіе широты мѣста и поправки хронометра послѣдовательными приближеніями (206).—§ 107. Пояснительный примѣръ (208).—§ 108. Опредѣленіе мѣстнаго времени и широты на морѣ (211).—§ 109. Способъ Доуеса (212).—§ 110. Способъ Сомнера (215).—§ 111. Наблюденія трехъ звѣздъ на одной высотѣ (216).

ГЛАВА XIV.

Опредѣленіе времени и широты пассажнымъ инструментомъ.

§ 112. Употребленіе меридіанной марки (218).—§ 113. Опредѣленіе времени при помощи близъполюсныхъ звѣздъ (219).—§ 114. Наблюденія сѣверныхъ и южныхъ звѣздъ попарно (222).—§ 115. Наблюденія въ вертикалѣ Полярной (225).—§ 116. Выводъ поправки хронометра (227).—§ 117. Выводъ широты мѣста изъ наблюденій въ первомъ вертикалѣ (230).—§ 118. Наблюденія зенитныхъ и вспомогательныхъ къ нимъ звѣздъ (234).—§ 119. Наблюденія вблизи перваго вертикала (235).

ГЛАВА XV.

Азимутальныя наблюденія свѣтилъ.

§ 120. Опредѣленіе азимута земного предмета универсальнымъ инструментомъ (237).—§ 121. Формулы и пояснительные примѣры (238).—§ 122. Азимутальныя наблюденія для опредѣленія времени (242).—§ 123. Опредѣленіе азимута земного предмета отражательными инструментами (245).—§ 124. Опредѣленіе направленія меридіана по соотвѣствующимъ высотамъ свѣтилъ (247).

ГЛАВА XVI.

Опредѣленіе разностей долготъ мѣстъ разными способами.

§ 125. Объ опредѣленіяхъ долготъ мѣстъ вообще (249).—§ 126. Наблюденія небесныхъ явленій (251).—§ 127. Искусственные свѣтовые сигналы (252).—§ 128. Передача сигналовъ по телеграфу (254).—§ 129. Опредѣленіе долготы мѣста перевозкою хронометровъ (257).—§ 130. Точность опредѣленія долготы (259).—§ 131. Вліяніе несовершенства компенсаціи хронометровъ на выводъ долготы (261).

ГЛАВА XVII.

Опредѣленія долготъ мѣстъ по наблюденіямъ Луны.

§ 132. Общій пріемъ для вывода долготы мѣста изъ наблюденій Луны (263).—§ 133. Наблюденія кульминацій Луны (265).—§ 134. Наблюденія лунныхъ разстояній (268).—§ 135. Приведеніе измѣреннаго луннаго разстоянія къ геоцентрическому (270).—§ 136. Наблюденія покрытій звѣздъ Луною (272).—§ 137. Выводъ долготы изъ наблюденій азимутовъ и зенитныхъ разстояній Луны (275).—§ 138. Вычисленіе геоцентрическаго азимута Луны (277).—§ 139. Вычисленіе геоцентрическаго зенитнаго разстоянія Луны (278).



ОТДѢЛЪ I.

Теорія и устройство переносныхъ
астрономическихъ инструментовъ.



ВВЕДЕНИЕ.

Практическая астрономія имѣетъ своей задачей опредѣлять изъ наблюденій видимыя координаты небесныхъ свѣтилъ, а также координаты зенита самого мѣста наблюденій. Какое важное мѣсто въ наукѣ занимаетъ эта практическая отрасль астрономіи, видно изъ того, что на упомянутыхъ опредѣленіяхъ основываются всѣ наши свѣдѣнія объ истинныхъ движеніяхъ и видѣ небесныхъ свѣтилъ, а равно о фигурѣ и размѣрахъ самой Земли.

Но астрономическія наблюденія и измѣренія, какъ и наблюденія всякаго другаго рода, подвержены неизбѣжнымъ погрѣшностямъ, происходящимъ вслѣдствіе множества разнообразныхъ причинъ; а именно: 1) отъ разныхъ недостатковъ употребляемыхъ инструментовъ, 2) отъ несовершенства чувствъ самого наблюдателя и 3) отъ неблагопріятности вѣшнихъ условій, при которыхъ производятся наблюденія, какъ-то: непокойствія воздуха, сотрясеній почвы, температурныхъ вліяній на инструментъ и т. п. Соотвѣтственно этимъ тремъ категоріямъ причинъ и самыя ошибки наблюденій и измѣреній естественно подраздѣляются на *инструментальныя*, *личныя* и *внѣшнія*. По своему же характеру и первыя, и вторыя, и третьи бываютъ двухъ родовъ: 1) *ошибки постоянныя*, неизмѣнно повторяющіяся при однихъ и тѣхъ же обстоятельствахъ, такъ что законъ ихъ дѣйствія можетъ быть обнаруженъ и изслѣдованъ, и 2) *ошибки случайныя*, которыя при всѣхъ условіяхъ, повидимому одинаковыхъ, дѣйствуютъ то въ одну, то въ другую сторону, и бываютъ то больше, то меньше; вслѣдствіе чего о степени вліянія ихъ на результаты изъ наблюденій можно разсуждать лишь на основаніи теоріи вѣроятностей.

И такъ достигнуть наиточнѣйшихъ результатовъ изъ астрономическихъ наблюденій и оцѣнить ту степень довѣрія, съ которой должно къ нимъ относиться, возможно только тщательнымъ изученіемъ какъ

постоянныхъ, такъ и случайныхъ ошибокъ, присущихъ разнымъ астрономическимъ инструментамъ и способамъ наблюдений. Практическая астрономія и должна установить такія общія, раціональныя основанія для устройства инструментовъ и для обстановки наблюдений, при которыхъ бы ошибки разныхъ видовъ и категорій были по возможности малы; она должна указать также на средства для изслѣдованія разныхъ постоянныхъ ошибокъ, чтобы результаты измѣреній могли быть освобождаемы отъ ихъ вліянія; и, наконецъ, должна дать наилучшіе съ практической точки зрѣнія способы, выводить изъ произведенныхъ наблюдений возможно-точнѣйшія численныя величины координатъ свѣтилъ и мѣста наблюденія.

Въ нашъ курсъ войдутъ преимущественно тѣ отдѣлы практической астрономіи, которые необходимы для спеціальной дѣятельности геодезиста и заключаютъ въ себѣ именно: 1) теорію наиболѣе употребительныхъ переносныхъ астрономическихъ инструментовъ и 2) способы опредѣленія географическаго положенія мѣстъ на земной поверхности изъ астрономическихъ наблюдений этими инструментами.

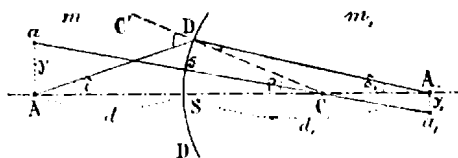
По самому назначенію астрономическихъ, а также и большинства спеціально-геодезическихъ инструментовъ, они по преимуществу суть угломѣрные и должны заключать въ себѣ, не смотря на все ихъ разнообразіе, общія имъ всѣмъ принадлежности, какъ-то: трубы, уровни, подраздѣленные круги и проч. Этимъ обусловливается и порядокъ изложенія, которому естественно всего придерживаться въ первомъ изъ вышеупомянутыхъ отдѣловъ практической астрономіи—*теорія инструментовъ*; ибо разсмотрѣніе простѣйшихъ частей въ отдѣльности, конечно, должно быть предпослано описанію и теоріи болѣе сложныхъ составныхъ приборовъ. Прежде же, чѣмъ говорить о разныхъ оптическихъ принадлежностяхъ инструментовъ, намъ полезно будетъ разсмотрѣть нѣсколько обстоятельствъ, чѣмъ то дѣлается въ элементарныхъ курсахъ физики, какъ именно преломляются свѣтовые лучи въ сферическихъ стеклахъ.

ГЛАВА I.

ПРЕЛОМЛЕНИЕ ЛУЧЕЙ ВЪ СФЕРИЧЕСКИХЪ СТЕКЛАХЪ.

§ 1. Переходъ лучей изъ одной среды въ другую.

Вообразимъ двѣ прозрачныя среды m и m_1 (фиг. 1) съ показателями преломленія m и m_1 , отдѣленные одна отъ другой сферическою поверхностью DSD' радиуса $CS = r$, и пусть свѣтовые лучи исходятъ изъ какой нибудь точки A первой среды m . Центральный лучъ AC, встречающій поверхность въ точкѣ S подѣ прямомъ угломъ, пройдетъ во вторую среду, не преломившись; преломленное же направление DA₁ всякаго другаго луча AD определится по извѣстному закону преломленія такъ:



Фиг. 1.

$$\sin \overline{CDA_1} = \frac{m}{m_1} \sin \overline{ADC}.$$

Означивъ разстояніе AS черезъ d , а разстояніе A₁S точки A₁, въ которой преломленный лучъ DA₁ пересѣчетъ центральный лучъ ASC,— черезъ d_1 , и предположивъ дугу SD = h , а слѣдовательно и углы $\overline{DAS} = \delta$, $\overline{DA_1S} = \delta_1$ и $\overline{DCS} = \rho$, столь малыми, чтобы квадратами и высшими степенями ихъ можно было пренебрегать, мы получимъ вмѣсто предыдущей точной формулы слѣдующую приближенную:

$$m_1(\rho - \delta_1) = m(\rho + \delta);$$

а такъ какъ при сдѣланномъ предположеніи будетъ:

$$\rho = \frac{h}{r}, \quad \delta = \frac{h}{d} \quad \text{и} \quad \delta_1 = \frac{h}{d_1},$$

то выйдетъ:
$$m_1\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{d_1}\right) = m\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{d}\right) \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

или

$$\frac{m_1}{d_1} + \frac{m}{d} = \frac{m_1 - m}{r} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)'$$

Отсюда видно, что всевозможные лучи, исходящие из точки A подъ очень малыми углами къ центральному лучу AS , будутъ пересѣкаться послѣ преломленія поверхностью въ одной и той же точкѣ A_1 , опредѣляющей разстояніемъ ея $A_1S = d_1$. Смотри по знаку, который получится у d_1 , эта точка A_1 окажется или по другую сторону поверхности, или на той же сторонѣ, гдѣ находится и точка A : въ первомъ случаѣ A_1 будетъ *дѣйствительнымъ оптическимъ изображеніемъ* точки A , а во второмъ — *мнимымъ*.

Формула (1)' показываетъ также, что и обратно: точка A должна быть точкою встрѣчи всѣхъ лучей, исходящихъ во второй средѣ изъ A_1 подъ малыми углами къ центральному направленію A_1SA ; поэтому точки A и A_1 , равно какъ и ихъ разстоянія d и d_1 , называются *сопряженными между собою* по отношенію къ рассматриваемой преломляющей поверхности.

Примемъ теперь центральную линію $ASCA_1$ за постоянную ось и возьмемъ въ плоскости Aa , перпендикулярной къ этой оси, какую нибудь другую точку a въ столь маломъ удаленіи отъ оси $Aa = y$, чтобы квадратами и высшими степенями угла aCA можно было пренебрегать. Тогда въ плоскости, проходящей черезъ ось AC и точку a , и именно на продолженіи центральной линіи asC , по предыдущему найдется точка a_1 , сопряженная съ a , для которой будетъ:

$$\frac{m_1}{a_1s} + \frac{m}{as} = \frac{m_1 - m}{r},$$

но такъ какъ (при поставленномъ нами условіи малости угла aCA) разстояніе as можетъ быть принято равнымъ $AS = d$, то изъ сравненія послѣдняго уравненія съ (1)' выйдетъ:

$$a_1s = d_1 = A_1S,$$

т. е. разнымъ точкамъ a , взятымъ въ плоскости A , соответствуютъ сопряженные точки a_1 , лежащія въ плоскости A_1A_1 , также перпендикулярной къ оси ASC ; поэтому и сами эти плоскости могутъ быть названы *сопряженными между собою*.

Что касается до разстоянія точки a_1 отъ оси $A_1a_1 = y_1$, то между нимъ и y будетъ существовать соотношеніе:

$$\frac{y_1}{y} = \frac{A_1C}{AC} = \frac{d_1 - r}{d + r},$$

изъ постоянства котораго слѣдуетъ, что всякая фигура въ плоскости A и ея оптическое изображеніе въ плоскости A_1 подобны между собою.