



ISSN 1607–2855

Том 2 • № 2 • 2001 С. 52 – 56

УДК 521.113

Особливості виготовлення простих астрономічних приладів

І.А. Ткаченко

Лабораторія теоретичної астрофізики і гравітації Уманського державного педагогічного університету

Розглянуто особливості виготовлення деяких простих астрономічних приладів та наочностей, які можуть бути використані при вивченні астрономії.

ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОСТЫХ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ, Ткаченко И.А. – Рассмотрены особенности изготовления некоторых простых астрономических приборов и наглядных пособий, которые могут быть использованы при изучении астрономии.

THE PECULIARITIES OF SIMPLE ASTRONOMY TOOLS PRODUCING, by Tkachenko I.A. – The peculiarities of some simple astronomy tools and visuals producing, which can be used in the process of learning astronomy, are considered.

Одним із основних питань сьогодення є забезпечення навчального процесу приладами та установками для астрономічних спостережень, так як постачання шкільних кабінетів обладнанням, яке виготовлялося на заводах припинилося. У наш час важлива роль відводиться викладачам, вчителям, керівникам фізико-технічних астрономічних гуртків у виготовленні приладів за зразком приладів і моделей нової конструкції, які можна виготовити у шкільних майстернях.

Розглянемо, як можна виготовити та застосувати найпростіші прилади та астрономічне обладнання.

Гномон – найпростіший у виготовленні астрономічний прилад. Його використовують для визначення напрямку полуденної лінії по Сонцю, географічної широти місцевості, поправки годинника, основних точок горизонту. У дні рівнодень 21 березня та 23 вересня Сонце знаходиться на небесному екваторі, сходить і заходить відповідно в точках “схід” і “захід” горизонту. В інші календарні дати азимуту Сонця при сході та заході будуть іншими. Вони поступово змінюються разом з річною зміною схилення Сонця δ_{\odot} . Величина і напрям, в якому відбувається зміна положень точок сходу і заходу Сонця на горизонті залежить від пори року. Для всіх точок північної півкулі Землі після весняного рівнодення точки сходу і заходу Сонця переміщуються в напрямку півночі, а з моменту осіннього рівнодення, навпаки, до півдня, причому найбільших значень ці зміщення досягають відповідно в дні літнього та зимового сонцестоянь, тобто 22 червня і 22 грудня. При орієнтуванні на місцевості по Сонцю слід мати на увазі, що в весняно-літній період, за 6 годин до справжнього полудня Сонце перебуває над точкою “схід”, а через 6 годин після верхньої кульмінації – над точкою “захід” горизонту. Гномон являє собою загострений догори вертикальний стержень висотою 15 см, який вставляється в центр планшетки. Планшетка виготовляється з багатошарової фанери (10 мм) зі стороною 50 см. З її центру проводяться кола радіусом від 100 до 250 мм через кожні 5 мм. В трьох точках планшетка повинна мати регулюючі гвинти. Перед спостереженням прилад встановлюють на рівній горизонтальній площадці, надаючи йому вертикального положення. [5]

Приблизно за 1–1,5 години до моменту верхньої кульмінації Сонця, відмічаємо положення тіні ОА гномона. Ближче до полудня висота Сонця зростає, тінь вкорочується, а в момент полудня стає найкоротшою. Після полудня відмічаємо положення тіні, коли вона своїм кінцем торкнеться накресленої дуги в точці В. Однаковим тіням ОА і ОВ відповідатимуть положення Сонця на рівних висотах до і після куль-

мінації. В симетричних положеннях на захід і на схід від небесного меридіана Сонце перебуває на однаковій висоті, а тіні, що відкидає гномон на планшетку, мають однакову довжину.

Проведемо бісектрису кута АОВ. Вона покаже напрям, по якому гномон відкидає тінь у момент місцевого полудня, тобто напрям полуденної лінії (NS), прямої по якій перетинаються площини небесного меридіана та математичного горизонту. На площадці позначаємо основні точки горизонту.

Щоб визначити географічну широту місця, скористуємося формулою: $\varphi = 90^\circ + \delta_\odot - h_\odot$; δ_\odot – річна зміна шхилення Сонця в день виконання спостереження.

Знаючи висоту гномона MO, обчислюємо полуденну висоту Сонця за її тангенсом:

$$\operatorname{tg} h_\odot = \frac{MO}{OC}$$

Для визначення полуденної висоти Сонця використовується астрономічний прилад – квадрант. Він складається з двох дощечок довжиною 35 см та шириною 10 см, які закріплюються під прямим кутом. Потім металеву лінійку (довжиною 50 см) вигинаємо так, щоб смужка довжиною 45 см, утворила дугу кола 90° , а в місцях ділень 0 і 45 прикріплюємо до сторін дерев'яного трикутника на рівних відстанях від його вершини (кожен мм лінійки дорівнює $0,2^\circ$). [3]

Встановлюються чотири металічних опори біля кінцевих ділень градусної шкали, перпендикулярно сторонам трикутника закріплюється стержень. Він повинен розміщуватися в центрі кола, дугою якого є шкала приладу (лінійка). Прилад встановлюється в площині меридіана так, щоб одна лінія (нульова поділка лінійки, центр дуги – стержень) була горизонтальною, а інша лінія (кінець шкали, з позначкою 90° – центр) була вертикальною. Спостерігаючи як тінь стержня, розміщеного в центрі, падає на шкалу, вона показуватиме на поділку, що відповідає величині полуденної висоти Сонця .

Прилад, який при освітленні Сонцем показує місцевий справжній сонячний час, називається сонячним годинником. Ним користуються для наближеного визначення часу та моменту справжнього полудня. Сонячні годинники бувають різних типів, однак всі вони прості за своєю будовою, їх можна просто виготовити при невеликих затратах часу та матеріалів.

Найпростішим є екваторіальний годинник

При виготовленні його циферблата на одній поверхні проводять коло, радіусом 10–15 см і ділять його на 24 рівних частини. Кінці дуг сполучають з центром кола. Ці радіальні або годинні лінії, що відповідатимуть послідовним годинам, нумерують в напрямку стрілки годинника: $0^h, \dots, 5^h, 6^h$ і т.д. Коло насаджують на перпендикулярний до його площини металевий стержень і разом з ним міцно закріплюють на прямокутній частині дошки, що править за основу годинника. При цьому стержень повинен бути нахилений до горизонту під кутом, рівним географічній широті (φ) місця, для якого виготовляють го-

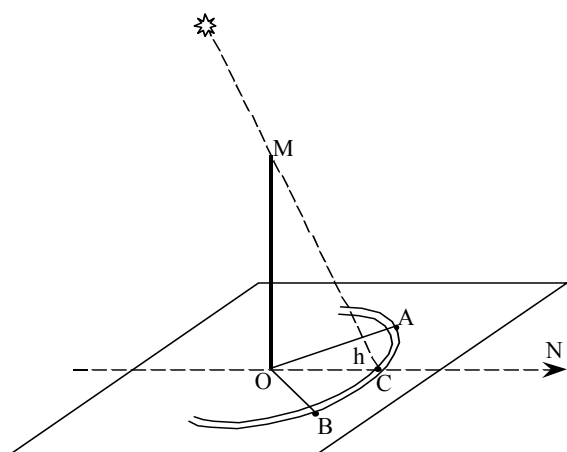


Рис.1

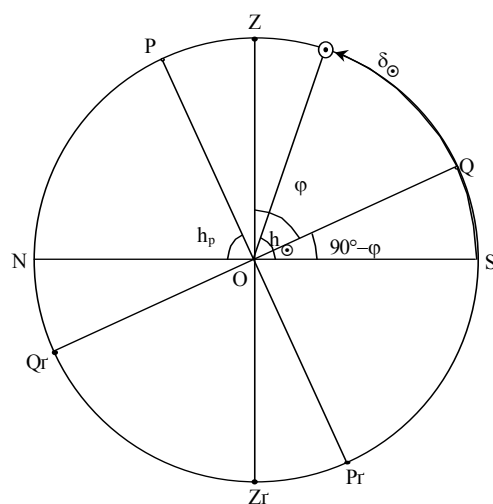


Рис. 2

динник, а відрізок $0^h - 12^h$ циферблата та позначений напрям “північ–південь” повинні лежати в одній і тій самій вертикальній площині.[2]

При правильно зорієнтованому за основними точками горизонту стержень годинника буде напрямлений по осі світу, площина циферблата зміщена з площиною небесного екватора, а тінь, що падає від стержня на циферблат є показником часу в момент справжнього полудня, ляже на годинну лінію.

Така будова годинника, орієнтування його елементів відносно осі світу та небесного екватора. Відповідно до зміни годинного кута, Сонце рівномірно переміщується з кутовою швидкістю 15° на годину, що відповідає показнику справжнього сонячного часу на циферблаті. Екваторіальний годинник з верхнім циферблатом показуватиме час тільки в період від весняного до осіннього рівнодення, тобто в ті дні і місяці року, коли Сонце знаходиться в північній небесній півсфері і описує добові паралелі на північ від площини екватора.

В інші календарні дати, коли Сонце знаходиться в південній небесній півсфері, тінь від стержня падатиме на (протилежну) сторону кола. Тому, щоб годинник цієї моделі показував час та період від осіннього до весняного рівнодення, потрібен циферблат і на нижній стороні кола. Але, якщо виготовити коло екваторіального годинника з прозорого матеріалу, то нижній циферблат не потрібний. Годинник показуватиме час протягом цілого року [1].

У горизонтальному годиннику циферблат з його годинними лініями і їх нумерацією зображається на площині прямокутної планшетки (50×30 см), виготовленої з фанери (10 мм). По середині планшетки вздовж лінії “північ–південь”, перпендикулярно до площини циферблата, закріплюється тінюва пластинка трикутної форми, гострий кут якої, дорівнює географічній широті місцевості. Тінь від краю пластинки на циферблаті служить показником часу. У зв’язку з тим, що добовий рух Сонця відносно горизонту є нерівномірним, тінь від краю пластинки також нерівномірно переміщується по циферблату. Тому кути, які утворюються годинними лініями горизонтального циферблата, що відповідають послідовним годинам, не будуть рівними.

Сонце зображено в південно-східній частині небесної сфери, а точка Н, що лежить на північно-західній частині кола схилень Сонця є точкою перетину продовження тіні від краю пластинки з лінією горизонту.

Сферичний трикутник PNH прямокутний, причому $PN = \varphi$, $NH = x$, $\angle PNH = 90^\circ$; $\angle HPN = \angle DPQ$, що можна визначити за справжнім сонячним часом T_\odot , який відраховується від моменту нижньої кульмінації Сонця, тобто $\angle HPN = 12^h - T_\odot$, $\angle HNP = 180^\circ - T_\odot$

Оскільки в прямокутнику сферичному трикутнику відношення тангенсів катета і протилежного кута дорівнює синусові другого катета, звідси:

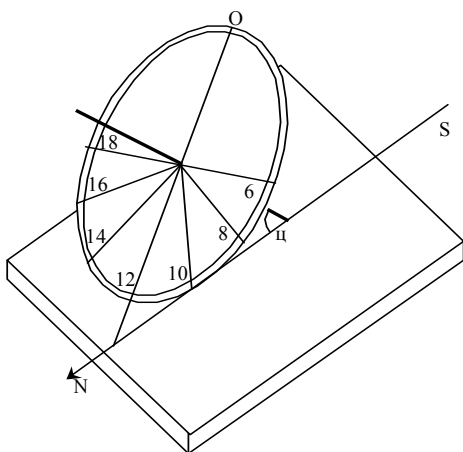


Рис.3

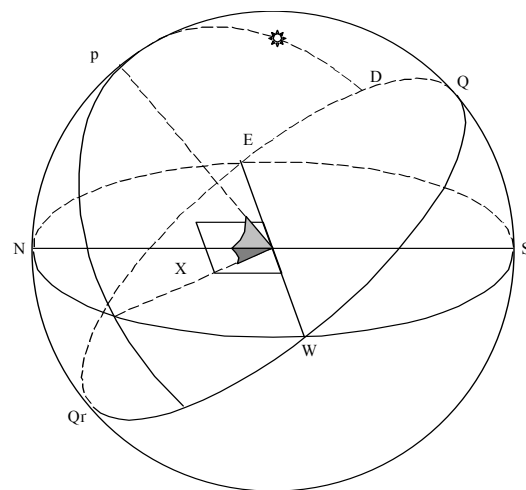


Рис.4

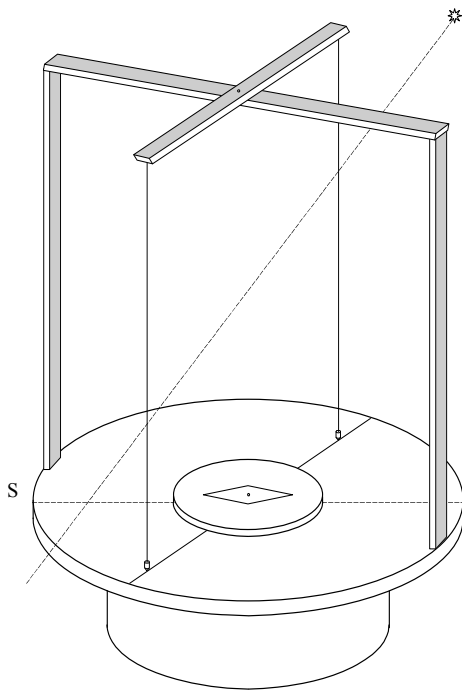


Рис.5

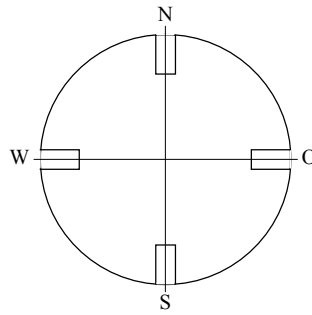


Рис. 6

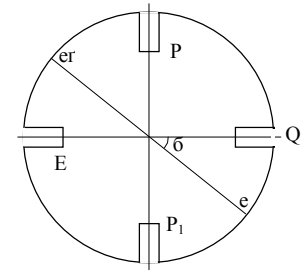


Рис.7

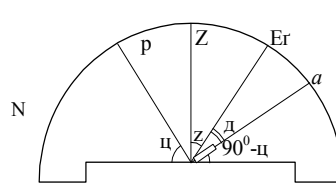


Рис. 8

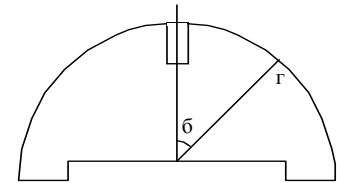


Рис. 9

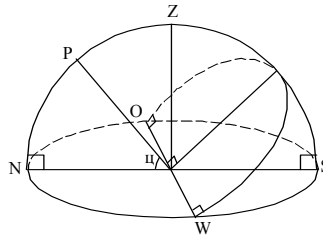


Рис. 10

$$\operatorname{tg} x = \sin \varphi \cdot \operatorname{tg} (180^\circ - T_{\odot})$$

За цієї формулою для значень часу T_{\odot} , що дорівнюють (кутовій мірі) $165^\circ, 150^\circ, 135^\circ, 120^\circ, 105^\circ$, розраховуються кути x , під якими відносно лінії 12^h горизонтального циферблату в один та інший напрям відкладаються годинні поділки. Нумерація годинних ліній на циферблаті проводиться в напрямі руху стрілки годинника від лінії 12^h , що приймається за початок відліку.

Прилад для визначення полуденної лінії за допомогою Полярної зірки.

Двічі на добу Полярна зірка кульмінує і, відповідно, знаходиться на меридіані, тобто її видно точно над північним полюсом. Дані про моменти кульмінації полярної зорі наведені в астрономічному календарі на відповідний рік. Ці моменти можна використати для швидкого і точного визначення полуденної лінії за допомогою такого приладу.

Виготовляють круглу планшетку діаметром 30–40 см з фанери або із склеєних між собою дощечок. До середини однієї з її сторін закріплюють дерев'яний циліндр, який буде служити опорою приладу. В двох діаметрально протилежних точках планшетки закріплюють вертикальні рейки, верхні кінці яких зв'язують поперечною дощечкою. Висота цих рейок повинна бути в два рази більше діаметра планшетки. До середини поперечної рейки рухомо кріпиться планшетка, довжиною, близько 30 см, а на кінцях закріплюють гачки, для утримування нитки з гирями. При цьому, зауважимо, що для виготовлення приладу, необхідно використовувати тільки немагнітні матеріали.

Встановлюється прилад так, щоб планшетка була горизонтальною, а обидва виски співпадали з напрямом Полярної зорі. Коли око спостерігача, перший і другий виски та Полярна зоря знаходяться на одній прямій, це означає, що виски розміщені в площині меридіана. На планшетці або на аркуші паперу відмічаємо точки, над якими розташовані виски. Через отримані точки проводимо пряму, яка і буде полуденною лінією. Перевага даного способу визначення полуденної лінії в простоті та швидкості, а

недолік в тому, що момент кульмінації не завжди зручний за часом при роботі з учнями.

Для визначення величини магнітного відхилення встановлюється компас на визначену полуденну лінію на планшетці. Після того, коли магнітна стрілка заспокоїться, відмічаємо її напрям (пунктирна лінія на планшетці). Це і є магнітний меридіан, а кут між ним і полуденною лінією є величиною магнітного схилення стрілки компаса для даної місцевості.

НАОЧНІСТЬ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦІЇ ПЛОЩИН ТА ЛІНІЙ НЕБЕСНОЇ СФЕРИ

Наочність являє собою набір кіл та напівкіл, виготовлених з картону або ватману, товщиною близько 1 мм. В місцях кріплення виконуються розрізи. Наочність складається з наступних основних частин.

Повне коло з чотирма вирізами для вушок, яке в горизонтальній системі координат зображає площину горизонту, а в екваторіальній – велике коло, через яке проходить полюс світу [4]. Площина меридіана зображається півколом з двома вушками і вирізом для площини екватора. Півколо також з двома вушками і вирізом зображує площину екватора. Для демонстрації екваторіальної системи координат замість півкола, зображеного на рис.8, використовується півколо, зображене на рис.9, яке відрізняється тільки положенням вирізу для площини екватора. На кожне півколо можна нанести лінії, які відповідатимуть вісі світу, напрямку на зеніт, світило, точку весняного рівнодення та кути φ , α , δ , Z . Розміри цієї “сфери” можуть бути довільними.

Як працює дана модель, показано на рис.10.

Крім вказаних основних параметрів, доцільно виготовити площину першого вертикала. Для цього в напівколі (рис.8) по лінії Z робиться виріз зверху до середини і відповідний виріз в напівколі першого вертикала. Необхідно виготовити декілька таких на півкіл для різних широт (змінюється кут нахилу вирізу). Зробивши в колі (рис.7) ще два виріза для вушок, можна демонструвати площину екліптики, нахилену до площини екватора. Вирізвавши з картону прямокутний сектор з вушком і, зробивши в напівколі (рис.8) виріз для вушка в точці P , можна показати рух світила по небесній сфері, зміну його кута та висоти над горизонтом.

1. *Малюков Д.В.* Прибор по астрономии // Физика в школе. – 1940. – вып. № 4 – С.59–60.
2. *Малюков Д.В.* Приборы по астрономии // Физика в школе. – 1948. – вып. № 6 – С.58–60.
3. *Сухачевский Н.А.* Модель по астрономии // Физика в школе. – 1950. – вып. № 2 – С.48.
4. *Тейфель В.Г.* Пособие по астрономии // Физика в школе. – 1953. – вып. №4. – С.74–75.
5. *Чепрасов В.Г.* Практикум з курсу загальної астрономії. – К.: Радянська школа, 1967. –190 с.

Надійшла до редакції 1.09.2001