

Лабораторна робота 1.

Відпрацювання методики наведення телескопа на об'єкт для візуального спостереження

Мета роботи: Вибір об'єкта спостереження за каталогом з екваторіальними координатами, розрахунок його видимості на момент спостережень та наведення телескопа на об'єкт.

1. Основні теоретичні відомості

Для наведення телескопа на об'єкт спостереження використовується перша екваторіальна система координат, але координати об'єкта спостереження в каталогах приведені у другій екваторіальній системі. Розглянемо більш детально ці системи.

Перша екваторіальна система координат. Основними елементами у цій системі координат є площина небесного екватора та коло схилень. Від лінії екватора (точка m – точка перетину лінії екватора з колом схилень) вздовж кола схилень до світила M бере відлік перша координата світила – *схилення* δ (див. рис. 1). Воно вимірюється величиною дуги mM або величиною відповідного цієї дузі центрального кута mOM . Схилення зір змінюється в межах від 0° до $+90^\circ$ для північних світил та від 0° до -90° для світил південного неба.

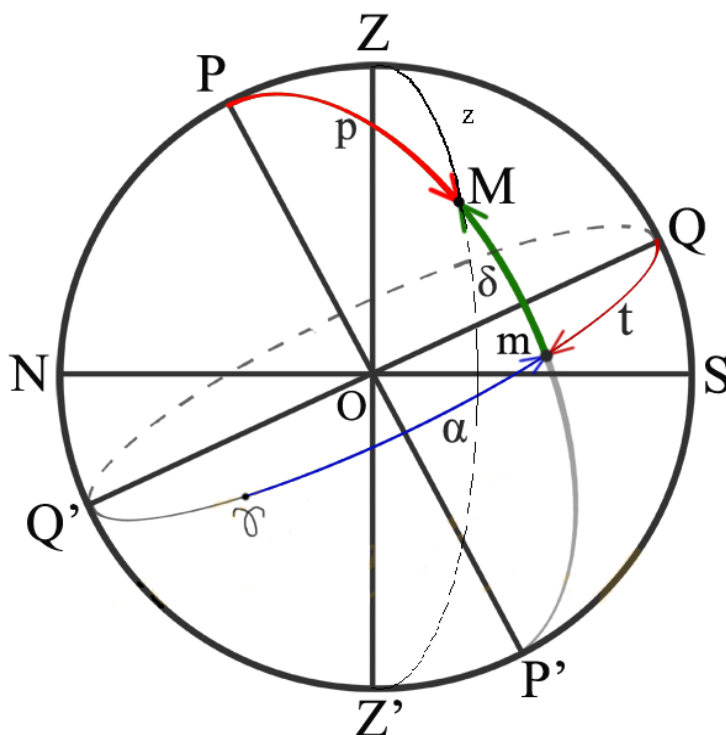


Рис. 1. Системи екваторіальних та горизонтальних координат

Полярною відстанню p називається дуга PM круга схилень від північного полюсу миру до світила або центральний кут POM між віссю миру PP' та напрямком на світило. Полярна відстань бере відлік від північного полюсу миру до світила і приймає значення в межах від 0^0 до 180^0 . Світила, котрі знаходяться у північній півсфері небесної сфери, мають значення $p \leq 90^0$. Між полярною відстанню і *схиленням* заданого світила M справедливе відношення $p + \delta = 90^0$. Світила, що мають однакові *схилення* δ , а значить і однакові полярні відстані p , розміщені на одній і тій же небесній паралелі (добовій широті).

Другою координатою світила є *часовий кут* t світила M – дуга небесного екватора Qt від верхньої точки Q небесного екватора до кола схилень світила M . Цій дузі t відповідає центральний кут QOt (у площині небесного екватора), котрим вимірюється двогранний кут між площинами головного меридіану та кола схилень світила у бік заходу. Таким чином, часовий кут відлічується у бік добового обертання небесної сфери, тобто на захід від верхньої точки Q небесного екватора, і приймає значення у межах від 0^0 до 360^0 (у градусному вимірюванні) або від 0 до 24^h (у часовому вимірюванні). Світила, котрі знаходяться на одному колі схилень PMt , мають однакові часові кути.

Друга екваторіальна система. Головними площинами в цій системі є ті ж площини: небесного екватора і кола схилень світила. Першою координатою є *схилення* δ світила, як і в першій екваторіальній системі. Другою координатою, котра визначає положення кола схилень світила, є *пряме сходження* світила α .

Прямим сходженням α світила M , називається дуга небесного екватора γt від точки весняного рівнодення у бік сходу уздовж небесного екватора до точки t кола схилень світила M , або центральний кут γOt (у площині небесного екватора) між напрямком на точку весняного рівнодення і площиною схилень світила. Таким чином, *пряме сходження* α веде відлік у бік, протилежний добовому обертанню небесної сфери, і приймає значення у межах від 0^0 до 360^0 або від 0^h до 24^h . Світила, котрі знаходяться на одному колі схилень мають однакові прямі сходження.

Визначення видимих координат світил. Загалом у каталогах та ефемеридах представлені середні координати небесних об'єктів у другій екваторіальній системі координат. При цьому система відліку пов'язана з визначенням початком часу (епохою), що відповідає положенню середнього екватора та екліптики. На сьогодні таким початком є епоха $J2000.0$ ($JD_0=2451545.0$). Виходячи з того, що спостереження ведуться з поверхні Землі, на систему координат впливає ряд складових (рефракція, аберація, паралакс, прецесія, нутація та власний рух світил), котрі потрібно враховувати для визначення істинних координат світил на момент спостережень. Оскільки поле зору телескопа складає декілька кутових хвилин, а поправка за нутацію, аберацію, паралакс та власний рух світил (за виключенням тіл Сонячної системи, для котрих ефемеридне забезпечення враховує їх власний рух) складає менше кутової хвилини, то цими складовими можна знехтувати. Величина щорічної прецесії досягає майже кутової хвилини, а за 15 років це вже значима величина. Отже потрібно врахувати поправку за прецесію використовуючи наступні формули:

$$\begin{aligned}\alpha &= \alpha_0 + m \times \sin(\alpha_0) \times \operatorname{tg}(\delta_0), \\ \delta &= \delta_0 + n \times \cos(\alpha_0), \\ m &= (46.124362'' + 0.0279312'' \times \tau - 0.00000278'' \times \tau^2) \times \tau \times 100, \\ n &= (20.043109'' - 0.008533'' \times \tau - 0.00000217'' \times \tau^2) \times \tau \times 100, \\ \tau &= (JD - JD_0)/36524.2199,\end{aligned}$$

де α_0 та δ_0 – координати світила на епоху $J2000.0$, що беруться з каталогу, а JD – юліанська дата (з урахуванням часу, що пройшов від початку доби) на момент спостережень, що береться зі Щорічника або з Інтернету.

Поправка за рахунок рефракції для зенітних відстаней $z \sim 80^\circ$ становить не гірше шести кутових хвилин, тому наводитись на об'єкт спостережень потрібно на висотах над горизонтом більше 15 градусів, щоб об'єкт спостережень попав у поле зору телескопа.

Визначення часового кута світила. При наведенні телескопа на об'єкт використовується перша екваторіальна система, однією з координат якої є часовий кут t . За визначенням $t = S - \alpha$, де S – місцевий зоряний час. Місцевий зоряний час на момент спостережень буде:

$$S = S_0 - 3^m 56.55^s \cdot \frac{\lambda}{24^h} + UT \cdot k + \lambda,$$

де UT – всесвітній час, години, λ - довгота місця спостереження (для Харкова довгота і широта відповідно становлять: $\lambda = 2^h 24^m 55.8^s$, $\varphi = 50^\circ 00' 10''$), $k = 0.997270$ – коефіцієнт переводу сонячної доби у зоряну, S_0 - Грінічський середній зоряний час, котрий розраховується за формулою:

$$S_0 = 6^h 41^m 50.54841^s + 8640184.812866^s \cdot \tau + 0.093104^s \cdot \tau^2 - 0.62^s \cdot 10^{-5} \cdot \tau^3.$$

Отже, для часового кута маємо:

$$t = UT \cdot k - \alpha + \lambda + S$$

Визначення висоти світила над горизонтом. Як було відмічено у попередньому розділі, для зменшення впливу рефракції наводитись на об'єкт спостережень потрібно на висотах над горизонтом більше 15 градусів. Для цього слід обчислити висоту світила над горизонтом h , використовуючи наступну формулу:

$$\sin(h) = \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \cos(t).$$

Максимальна висота світила над горизонтом (у верхню кульмінацію) становить:

$$h = 90 - \varphi + \delta.$$

2. Прилади, підготовка до спостережень та спостереження

Робота виконується на одному з телескопів НДІ астрономії (АЗТ 7, 20-см рефрактор Цейса, або АЗТ 8).

Підготовка до спостережень включає: а) ознайомлення з технікою безпеки; б) перевірка систем живлення телескопа; в) перевірка роботи механізмів повороту купола та відкриття створок; г) перевірка роботи годинникового механізму, стопорних механізмів блокування руху телескопу (затискувачі по схиленню та часовому куту) та збалансування телескопу.

Програма спостережень. Вибір об'єкта спостережень виконується за допомогою Астрономічного календаря на поточний рік, Щорічника або електронного каталогу з Інтернет ресурсів (Страсбургський центр даних CDS). Це можуть бути об'єкти Мес'є, у більшості випадків це протяжні об'єкти (зоряні скупчення, туманності та галактики, які розділяються за допомогою невеликих телескопів) або яскраві планети Сонячної системи (Венера, Марс, Юпітер та Сатурн), за умови найкращої видимості в сезон спостережень. Вибрані об'єкти ототожнюються за допомогою електронного атласу MEGASTAR або іншого і робиться роздруківка зоряної карти для подальшого порівняння з реальним видом, що бачить спостерігач в окуляр телескопа. Якщо у якості приймача випромінювання використовується ПЗЗ-камера, то порівнюються зображення, що дає електронний атлас та реальне зображення, одержане за допомогою ПЗЗ-камери. Вибирається час початку спостережень та обчислюються видимі екваторіальні координати об'єкта та висота на момент спостережень.

Послідовність операцій при наведенні на об'єкт

У журналі спостережень відмічають назву об'єкта, прізвища спостерігачів та погодні умови при спостереженні. Включається подача струму на телескоп та механізми повороту купола та відкриття створом купола. Відкриваються створки купола, купол повертається у напрямку об'єкта спостережень. За декілька хвилин до початку спостережень віджимаються затискувачі на кругах схилення та часового кута, на крузі схилення виставляється схилення, а на крузі

часового кута – часовий кут, після цього здійснюється затиснення стопорних механізмів на кругах схилення та часового кута. За годинником, дочекавшись настання моменту початку спостережень, вмикається часове ведення.

Спостерігач в окуляр телескопа перевіряє правильність наведення на об'єкт спостереження та порівнює видиме розташування світил у полі зору телескопа з зоряною картою. При необхідності виконується фокусування зображення за допомогою механізму фокусування та переміщення об'єкта спостережень у центр поля зору за допомогою механізмів наведення по схиленню та часовому куту. При наявності ПЗЗ-камери робиться декілька зображень об'єкта спостережень та запис їх на диск комп'ютера.

Порядок закінчення спостережень і виключення телескопа є зворотнім відносно порядку включення і наведення.

Представлення результатів у звіті

1. Основний звіт пишеться у програмній оболонці Microsoft Word, у якому вказується назва вибраного об'єкта спостережень за каталогом, його координати на епоху J2000.0, зоряна величина, короткий опис відомостей про об'єкт та зоряна карта області спостереження з об'єктом.
2. Розрахунки видимих екваторіальних та горизонтальних координат проводяться у програмній оболонці Microsoft Excel, MathCAD або іншій, у залежності від навиків студента. Розраховані видимі координати також відображуються в основному звіті.
3. Електронний варіант звіту та обчислення видимих екваторіальних та горизонтальних координат програмній оболонці Microsoft Excel передаються керівнику лабораторної роботи.

Література

1. *Андрієвський С.М., Климшин І.А.* Курс загальної астрономії: навчальний посібник. – Одеса: Астропринт, 2007. – 480 с.
2. *Грецький А.М., Шевченко В.Г.* Методичні вказівки до проведення астрофізичної практики. // ХНУ ім. Каразіна. Харків. 2008. 36 с.
3. *Звёздные атласы GSC–2 и USNO–A2.* 1998. Электронные версии.
4. *Кононович Э. В.* Общий курс астрономии: Навч. пос. [для студ. вищих навч. закл.] / Э. В. Кононович, В. И. Мороз // – М. : Едиториал УРСС, 2004.
5. *Мартынов Д. Я.* Курс практической астрофизики: Навч. пос. [для студ. вищих навч. закл.] / Д. Я. Мартынов // – М. : Физматгиз, 1977.
6. *Мартынов Д. Я.* Курс общей астрофизики: Навч. пос. [для студ. вищих навч. закл.] / Д. Я. Мартынов // – М.: Физматгиз, 1988.
7. *Уокер Д.* Астрономические наблюдения: Навч. пос. [для студ. вищих навч. закл.] / Д. Уокер // – М. : Мир, 1990.
8. *Шевченко В.Г.* Методичні вказівки до спецкурсу «Комп'ютерні технології в астрономії». Х., 2010. 40 с.
9. *Страсбургський центр астрономічних даних:* <http://cdsweb.u-strasbg.fr/>
10. *Tutorials of help for MaxImDl, ASTPHOT, ASTROART.* 2005. Электронные версии.